



GRAU EN ENGINYERIA GEOMÀTICA I TOPOGRAFIA

TREBALL DE FI DE GRAU

ESTUDI DELS CANVIS EN ELS USOS DEL SÒL EN L'ÀMBIT DEL PARC NATURAL DELS PORTS DES DEL 1987 FINS AL 2015 I ANÀLISI DELS MÈTODES DE CLASSIFICACIÓ

Projectista/es: Diego Santamaria Chordà

Director/s: Carolina Puig Polo

Convocatòria: Juliol 2016

RESUM

En aquest projecte es pretén fer un estudi dels canvis en els usos del sòl que abasten els llims del Parc Natural dels Ports i el territori circumdant des de l'any 1987 fins l'any 2015 per tractar de deduir quins factors els poden haver causat i poder realitzar en un futur un estudi sobre com influeixen aquests sobre el comportament del cuabarrada, una espècie d'au rapaç en perill d'extinció que viu dintre els límits del parc.

Per aconseguir tal objectiu, es farà un estudi previ que consistirà en la comparació de les diverses metodologies de classificació que tenim a l'abast per concloure quina és la més fiable, així com veure quina combinació de bandes és la idònia per dur a terme una bona classificació amb el millor mètode escollit tal i com s'explicarà en aquestes pàgines.

D'aquesta manera, a partir de les imatges obtingudes del Landsat 5 i del Landsat 8, ortofotografies i cobertes dels sòls de Catalunya es pretén crear cartografia temàtica que reflexi la tipologia dels diversos usos del sòl que conformen el territori, per finalment concloure el treball amb un mapa resultat de la combinació analítica de les capes derivades de les imatges de 1987 i 2015 per veure els canvis que responen al nostre objectiu principal.

ÍNDEX DE CONTINGUTS

1	INTRODUCCIÓ	5
1.1	MOTIVACIÓ	5
1.2	OBJECTIUS	5
2	ÀREA D'ESTUDI	6
3	FONTS D'INFORMACIÓ	7
3.1	CARACTERÍSTIQUES DELS SATÈL·LITS LANDSAT 5 TM I LANDSAT 8 OLI-TIRS	9
4	PROGRAMARI	12
5	METODOLOGIA	13
5.1	MÈTODES DE CLASSIFICACIÓ SUPERVISADA	13
5.2	FIABILITAT DE LA CLASSIFICACIÓ	15
6	PROCESSAT DE LES DADES	17
6.1	PRE-PROCESSAT	17
6.1.1	RETALL DE LES IMATGES	17
6.1.2	CORRECCIÓ RADIOMÈTRICA DE LES BANDES	17
6.2	PROCESSAT	19
6.2.1	DEFINICIÓ DE LES ÀREES D'ENTRENAMENT	14
6.2.2	CÀLCUL DE L'NDVI	19
7	ANÀLISI DELS RESULTATS	21
7.1	CLASSIFICACIÓ PEL MÈTODE DEL "PARALEL·LEPÍPEDE"	21
7.2	CLASSIFICACIÓ PEL MÈTODE DE "MÍNIMA DISTÀNCIA"	22
7.3	CLASSIFICACIÓ PEL MÈTODE DE "MÀXIMA VERSEMBLANÇA"	23
7.3.1	Discussió dels resultats – Determinació del millor mètode:	25
7.4	CLASSIFICACIÓ DE LA IMATGE DE 1987 SENSE LA BANDA 6	26
7.4.1	Discussió dels resultats – Presència de la banda 6 a l'hora de classificar:	28
7.5	IMATGE DEL 1987 CORREGIDA I NO CORREGIDA RADIOMÈTRICAMENT	29
7.6	IMATGE DEL 1987 CORREGIDA I NO CORREGIDA RADIOMÈTRICAMENT SENSE LA BANDA 6	30
7.6.1	Discussió dels resultats – Presència de la banda 6 en les imatges corregides:	32
7.7	CLASSIFICACIÓ DE LA IMATGE DEL 1987 AFEGINT NDVI	33
7.8	CLASSIFICACIÓ DE LA IMATGE DEL 1987 AFEGINT NDVI I EXCLOENT LA BANDA 6	34
7.9	CLASSIFICACIÓ DE LA IMATGE DEL 1987 AFEGINT NDVI I EXCLOENT LES BANDES 1 i 2	35
7.10	CLASSIFICACIÓ DE LA IMATGE DEL 1987 AFEGINT NDVI I EXCLOENT LES BANDES 1, 2 i 6	36
7.11	CLASSIFICACIÓ DE LA IMATGE DE 2015	40
7.12	CLASSIFICACIÓ DE LA IMATGE DE 2015 SENSE LA BANDA 6	41
7.13	CLASSIFICACIÓ DE LA IMATGE DE 2015 INCLOENT L'NDVI	42
7.14	CLASSIFICACIÓ DE LA IMATGE DE 2015 INCLOENT L'NDVI I EXCLOENT LA BANDA 1 I LA BANDA 2	43
7.15	CLASSIFICACIÓ DE LA IMATGE DE 2015 INCLOENT L'NDVI I EXCLOENT LA BANDA 6	44
7.16	CLASSIFICACIÓ DE LA IMATGE DE 2015 INCLOENT L'NDVI I EXCLOENT LA BANDA 1, LA BANDA 2 I LA BANDA 6	45
7.16.1	Discussió dels resultats – Presència de la banda 6	48
7.17	EVOLUCIÓ DELS SÒLS. COMPARATIVA ENTRE LES CLASSIFICACIONS DE 1987 I 2015.	49
7.17.1	Discussió dels resultats – Combinació analítica de les classificacions del 1987 i 2015	52
8	CONCLUSIONS	56
	BIBLIOGRAFIA I PÀGINES WEB CONSULTADES	57
	BIBLIOGRAFIA	57
	PÀGINES WEB CONSULTADES	58
	AGRAÏMENTS	59
	ANNEX	60

ACRÒNIMS

PFG: Projecte Final de Grau

USGS: United States Geological Survey

NDVI: Normalised Difference Vegetation Index, en català *ÍNDIX DE VEGETACIÓ*. Es calcula a partir de les Bandes 3 (Vermell) i 4 (NIR-Infraroig Proper)

TM: Thematic Mapper

ICGC: Institut Cartogràfic i Geològic de Catalunya

MDE: Model Digital d'Elevacions

CREAF: Centre de Recerca Ecològica i Aplicacions Forestals

EXTENSIÓ .TIFF: Tagged Image File Format

NASA: National Aeronautics and Space Administration

GLOSSARI

IMATGE (Teledetecció): Reproducció d'una superfície formada per la reflexió dels raigs d'energia que dimanen i que, a diferència d'una fotografia, contenen dades.

METADADES: Conjunt de dades que descriuen el contingut informatiu dels recursos, en el nostre cas, les imatges satel·litals.

LANDSAT: Són una sèrie de satèl·lits construïts i posats en òrbita pels EE. UU. per la observació en alta resolució de la superfície terrestre.

BYTE: Unitat d'informació digital constituïda per 8 bits

VISSIR3: Visualitzador de cartografia de l'ICGC

RÀSTER: Imatge en mapa de bits, també coneguda com imatge matricial, bitmap, extensió...

CLASSIFICACIÓ SUPERVISADA: Classificació on l'operador selecciona els paràmetres de classificació mitjançant àrees d'entrenament.

PREFACI

Aquest Projecte Final de Grau es defensarà en la convocatòria de Juliol de 2016.

La elaboració del present estudi va sorgir de l'interès personal d'aprofundir en les conseqüències que impliquen els canvis del sòl d'un territori sobre una zona en concret. Durant el transcurs del grau sempre ha existit, des del primer contacte amb la teledetecció, un especial interès en aplicar els coneixements obtinguts a una zona on servidor ha tingut el privilegi de viure.

La idea de decantar el projecte cap aquesta branca va sorgir del fet de voler conèixer el funcionament dels satèl·lits, de tots els seus paràmetres, inclòs el comportament i contingut de les imatges que aporten, a més a més de la versatilitat de resultats que es poden extreure en la multitud de processaments de les mateixes, un interès que es veié incentivat per un dels treballs duts a terme l'últim any del grau: "Estudi de la Península de Cosigüina (Nicaragua)".

També és voluntat d'aquest projecte remarcar que s'ha dut a terme en col·laboració del "Centre de Documentació del Parc Natural dels Ports", el qual ha aportat idees, propostes i material (límits del Parc) per fer d'aquest un treball complet per a possibles usos posteriors per part del mateix.

Sembla interessant constatar que aquest projecte constitueix un gran esforç a l'hora d'obtenir uns resultats el màxim fiables possible. Al ser un projecte amb objectius pràctics i de futur benefici comunitari comporta una responsabilitat en la fiabilitat de les dades obtingudes que de vegades ha suposat la nombrosa repetició de processos i la conseqüent lentitud en l'avanç del mateix.

Per últim, tot i haver-se decidit canviar el títol de la primera proposta, l'anàlisi es limita a l'estudi del millor mètode i procediments per obtenir la classificació més fidedigna possible dels usos del sòl, degut a la sensibilitat que presenten a l'hora de ser publicades les dades referents al cuabarrada. Però, s'insisteix en remarcar el compromís d'acabar en un futur la totalitat del treball, si em fos permès, com a projecte final de màster havent obtingut noves competències aplicables al mateix, a més a més d'emprar la tecnologia LIDAR, d'aplicar totes les correccions pertinents com pot ser per topografia i estudiar el comportament de l'au.

1 INTRODUCCIÓ

Durant les últimes dècades, el territori del Parc Natural dels Ports s'ha vist afectat per un conjunt de canvis a nivell demogràfic i socioeconòmic als sòls situats fora dels seus límits; la necessitat d'ampliar els municipis a causa del creixement de la població, els canvis en els mètodes d'explotació dels conreus per una productivitat més eficient, incorporació de noves tècniques i espècies de plantes i arbres, o fins i tot un canvi ideològic de sostenibilitat ambiental que ha portat a conservar certes zones per la seva riquesa en quant a fauna, flora i relleu... són alguns exemples de necessitats a les que s'ha hagut d'enfrontar la societat, la qual s'ha vist obligada a prendre unes mesures i accions que han deixat, com a conseqüència, una empremta en el sòl, en els seus usos.

És mitjançant la teledetecció que es ressaltaran tots aquests canvis en les imatges que daten de l'any 1987 fins al 2015 en intervals de cinc anys, és a dir, tot i que només es veuran els resultats dels procediments aplicats en la primera i última imatge de la sèrie, 1987 i 2015 respectivament, també s'ha treballat amb les imatges del 1992, 1997, 2002, 2007 i 2011 per verificar alguns passos i investigar el comportament dels sensor al llarg del temps de vida útil que han tingut i com això afecta a les imatges.

En definitiva, es proposa donar a conèixer possibles mètodes i aplicacions, en aquest cas, de l'estudi dels usos del sòl. Per a dur a terme tal objectiu s'ha escollit com a escenari un dels espais d'interès natural amb que estic més familiaritzat a part de l'espai natural del Delta de l'Ebre; es tracta de la zona d'**Els Ports**.

1.1 MOTIVACIÓ

La principal motivació a l'hora de dur a terme aquest projecte es sustenta en tres pilars: El primer és la pròpia preocupació mediambiental: qualsevol estudi que pugui servir per preservar la fauna, la flora i fins i tot el relleu d'un espai ric, tant biològica com geològicament parlant, és més que gratificant; seguit de la predilecció a l'hora de treballar en el camp de la Teledetecció i els Sistemes d'Informació Geogràfica, volent ampliar d'alguna manera els coneixements sobre aquestes; i per últim i no menys important, per poder veure com funciona un Parc Natural i col·laborar amb aquest per que el projecte pugui ser d'utilitat en futurs estudis de preservació de l'àrea protegida i reforçar la seva acció sobre el territori.

1.2 OBJECTIUS

L'objectiu principal del projecte és generar els mapes temàtics que reflecteixin els canvis soferts en els usos del sòl tant dintre com fora dels límits de l'àmbit del Parc Natural dels Ports de la manera més fidedigna possible acord amb la realitat, per poder observar i analitzar els resultats i concloure tots els canvis que ha sofert el territori des d'un punt de vista geogràfic i geològic. Per complir tal objectiu, es contrastaran diversos procediments com la correcció i generació de noves bandes que es combinaran de diverses maneres fins donar amb la que ens aportí una major fiabilitat

i, en definitiva, la millor classificació junt amb el millor dels mètodes de classificació d'imatges satel·litals que es tenen a l'abast, el que vol dir que s'ha realitzat una comparativa dels mateixos.

2 ÀREA D'ESTUDI

Els Ports són les muntanyes situades entre les províncies de Tarragona, Terol i Castelló (Figura 2.1); lloc de contacte entre les comarques del Baix Ebre i el Montsià a l'est, La terra Alta i el Matarranya al nord-oest, i el Baix Maestrat al sud (Figura 2.2).



Figura 2.1 - Mapa de províncies

amb superfícies superiors als 1.000m², essent el cim més alt el Mont Caro, amb 1441m d'alçada.

Al sector occidental, els rius principals excaven gorges profundes de gran espectacularitat, com és el cas del riu Matarranya a les Gúbies del Parrissal (fora del Parc Natural), les Gúbies del Regatzol (a la capçalera del riu Ulldemó) o les valls properes al Mas de la Franqueta al llarg dels Estrets.

Els materials més destacables que afloren són els calcaris mesozoics del Triàsic mig al sector d'Alfara, i conglomerats del Juràssic-Lias i Juràssic-Malm a Alfara i al Caro.

El sòls són utilitzats amb finalitats silvícoles, cinegètiques, agrícoles, ramaderes, turístiques i recreatives, així com en activitats extractives, tot i que no són gaire importants. Està protegit en el pla especial de protecció sota dos tipologies, la de Parc Natural dels Ports i en una zona més restringida com a Reserva Natural Parcial (Figura 2.3).

Els Ports són un massís de relleu molt complex, el conjunt de la serra del qual es va formar durant l'orogen alpi. Els esforços orogènics van produir una sèrie de falles sinistres en direcció NE-SW, a cavall entre el Sistema Mediterrani Català i el Sistema Ibèric, paral·leles a l'actual costa. Juntament amb aquestes falles apareixeren feixos d'encavalcaments i plects que formaren aquesta i d'altres serres de la serralada Prelitoral, mentre que al massís destaca la presència de muntanyes d'alçada i forma singulars



Figura 2.2 - Situació del Parc Natural dels Ports
Font: Capa cedida pel Parc Natural i processat amb ArcGIS Warth

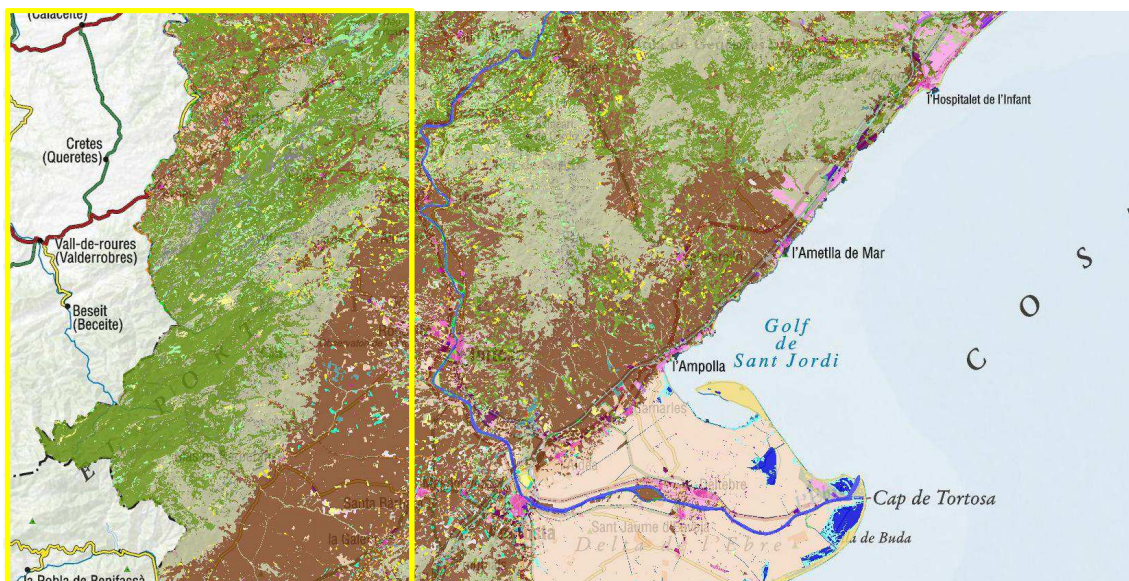


Figura 2.3 - Geologia dels Ports / Font: Vissir3 de l'ICGC

3 FONTS D'INFORMACIÓ

Les diferents fonts d'informació que s'han emprat per fer aquest PFG s'han triat intentant ajustar-se el màxim possible a les condicions de major qualitat possible, el menor nombre de processos que suposin l'acumulació d'errors sobre el resultat final, així com l'ús de recursos informatitzats, així com la disposició gratuïta de les fonts.

De totes les sèries de satèl·lits disponibles, hem escollit treballar amb LANDSAT, construïda i posada en òrbita pels EE.UU. per a l'observació de la superfície terrestre.

Fins l'actualitat s'ha dut a terme el llançament de 8 sèries:

LANDSAT 1 al 1972

LANDSAT 2 al 1975

LANDSAT 3 al 1978

LANDSAT 4 al 1982

LANDSAT 5 al 1985 → Obtenció de la imatge del 1987 al 2011

LANDSAT 6 al 1993

LANDSAT 7 al 1999

LANDSAT 8 al 2013 → Obtenció de la imatge del 2015

Concretament s'han emprat les imatges del LANDSAT 5 (dels anys 1987 fins al 2011) i LANDSAT 8 (una imatge del 2015). Dites imatges, com es pot veure a la Taula 1, han estat extretes de la web USGS, una pàgina estatunidenca que posa a l'abast imatges de manera gratuïta. En el mateix arxiu d'informació van incorporades, junt a les imatges, les seves metadades.

ANY/MM/DD	FORMAT	ORIGEN	PROCÉS
1987/04/16	Landsat 4-5 TM	USGS	Retall i conversió a .img
1992/07/26	Landsat 4-5 TM	USGS	Retall i conversió a .img
1997/02/06	Landsat 4-5 TM	USGS	Retall i conversió a .img
2002/06/28	Landsat 4-5 TM	USGS	Retall i conversió a .img
2007/05/09	Landsat 4-5 TM	USGS	Retall i conversió a .img
2011/04/02	Landsat 4-5 TM	USGS	Retall i conversió a .img
2015/10/11	Landsat 8 OLI/TIRS	USGS	Retall i conversió a .img

Taula 1 - Informació de les imatges descarregades

Per conèixer la tipologia o usos dels sòls, s'ha descarregat la coberta dels sòls de Catalunya (Figura 3.1) que ens ofereix també de manera gratuïta el CREAM, un centre públic d'investigació en ecologia terrestre i anàlisi del territori que genera coneixement i metodologies per a la conservació, gestió i adaptació del medi natural al canvi global.

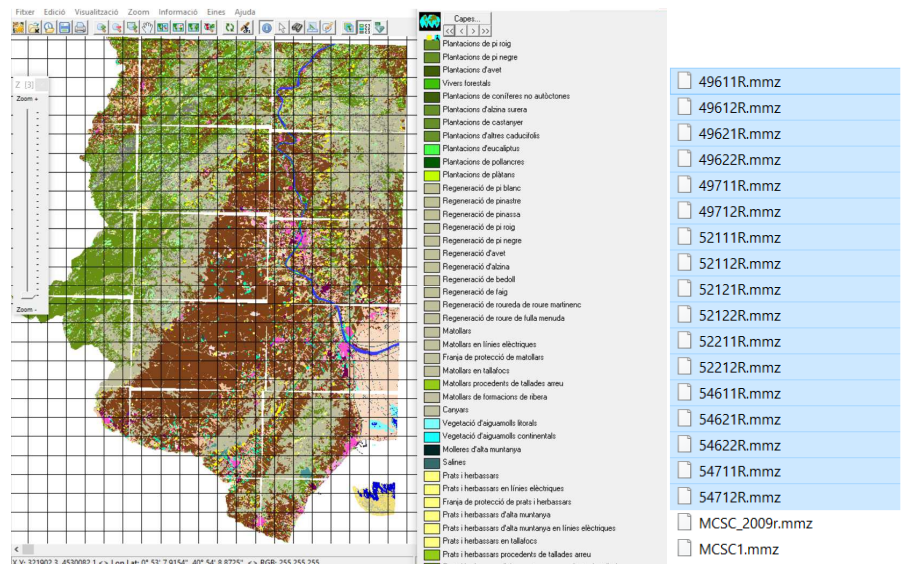


Figura 3.1 - Cobertures de Catalunya obtingudes de la web del CREAM i llista de les cobertures descarregades

També s'han descarregat ortofotografies de l'ICGC (Figura 3.2 i Taula 2) i el MDE's (Figura 3.3) de la NASA per comparar visualment el fals color de les imatges amb la realitat i per tractar de fer la correcció topogràfica de les imatges, corresponentment.

FULL	FONT	Format	Nom
496A	ICGC	Shape	Horta de Sant Joan
521A	ICGC	Shape	La Galera

Taula 2 - Ortofotos descarregades

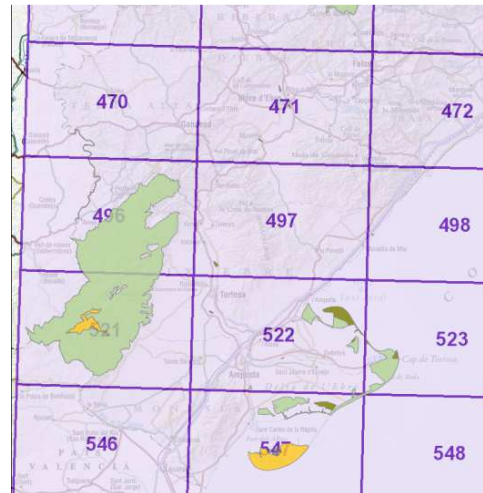


Figura 3.2 – Imatge dels fulls d'ortofotos

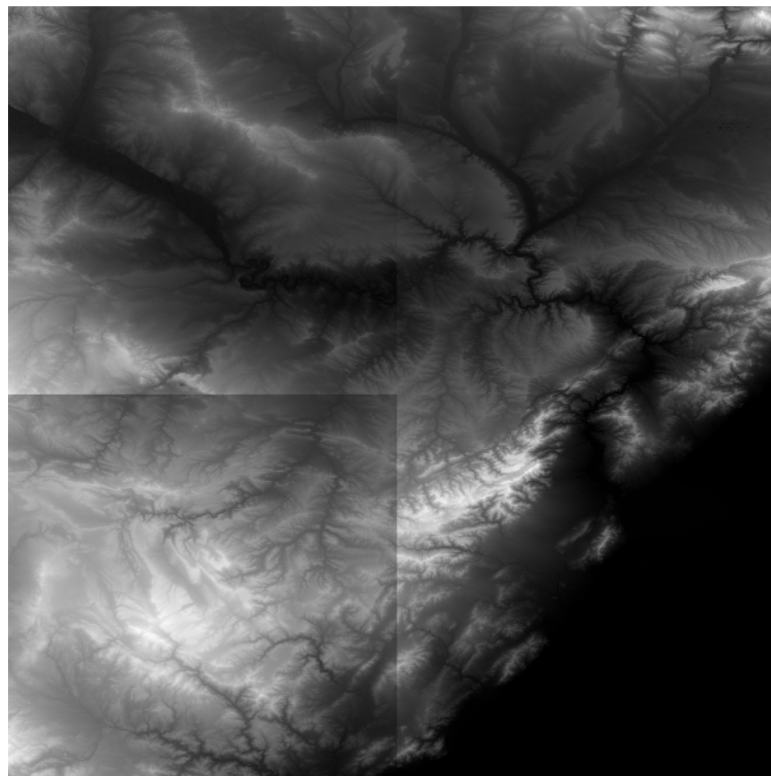


Figura 3.3 - Mosaic dels quatre MDE emprats:
ASTGM2_N41W001_dem.tif / ASTGM2_N41W000_dem.tif
ASTGM2_N40W001_dem.tif / ASTGM2_N40W000_dem.tif

3.1 CARACTERÍSTIQUES DELS SATÈL·LITS LANDSAT 5 TM I LANDSAT 8 OLI-TIRS

Es pot dir que les imatges del Landsat5 i Landsat8 són compatibles. A l'hora de treballar amb les dues a la vegada en un mateix projecte, és fàcil combinar-les, aplicar els mateixos processos sense realitzar canvis rellevants en les imatges ja que les resolucions d'ambdós satèl·lits coincideixen en gran part com es pot veure a la Taula 3:

SATÈL·LIT	SENSOR	R.ESPECT.	R. ESPACIAL	R.TEMPORAL	R.RADIOM.
LANDSAT 5	TM	7 bandes	30m	16 dies	8 bits
LANDSAT 8	OLI-TIRS	11 bandes	30m/15m	16 dies	8 bits

Taula 3 - Especificacions dels satèl·lits LANDSAT emprats

La única desavinença es troba amb la resolució espectral, on el nombre de bandes del LT5 és menor al LT8, fet que ens causa una petita complicació a l'hora de generar unes imatges multibanda amb característiques espectral similars si no s coneix la correlació entre aquestes. Segons els rangs que abasten cada una de les bandes, es poden correlacionar tal i com es representa en la següent taula (Taula 4) de correspondència:

LANDSAT 5	LANDSAT 8
BANDA 1	BANDA 2
BANDA 2	BANDA 3
BANDA 3	BANDA 4
BANDA 4	BANDA 5
BANDA 5	BANDA 6
BANDA 6	BANDA 10, 11
BANDA 7	BANDA 7

Taula 4- Correspondència de bandes entre els satèl·lits emprats

La banda 6 no es correlaciona del tot amb les bandes 10 i 11, però presenten uns valors aproximats.

Les fonts d'informació dels anys 1987 fins 2011 corresponen a unes imatges de capturades pel satèl·lit **LANDSAT 5** amb el sensor **TM**. Aquest satèl·lit va ser llançat l'1 de març de 1984 i representava una millora substancial respecte el sensor MMS. El LANDSAT 5 va capturar la seva última imatge el 6 de gener de 2013, trobant-se actualment fora de servei. Orbitava a una alçada de 705km, i era capaç de fer una òrbita sencera en 98,9 minuts completant cada 16 dies el cicle de gravació.

BANDA	NOM	RANG ESPECTRAL (μm)	RESOLUCIÓ ESPACIAL (m)
1	Blau	0,45 – 0,52	30
2	Verd	0,52 – 0,60	30
3	Vermell	0,63 – 0,69	30
4	Infraroig Proper (IRp)	0,76 – 0,90	30
5	Infraroig Mig (IRm)	1,55 – 1,75	30
6	Infraroig Tèrmic	10,4 – 12,5	120
7	Infraroig Llunyà (IRll)	2,08 – 2,35	30

Taula 5 - Bandes espectrals LANDSAT 5 TM

Les millores principals que incorpora aquest sensor és la capacitat d'obtenir informació en set bandes espectrals diferents (Taula 5). Tres visibles (RGB), una a l'infraroig proper, dues a l'infraroig llunyà i finalment una en l'infraroig tèrmic. A més a més, també incorpora una millora en la resolució ja que les bandes compreses entre la 1 a la 5 i la banda 7 tenen una resolució espacial de 30 metres mentre que la banda 6 té una resolució de 120 metres. L'àrea que comprenen les imatges és de 185 km².

En el cas del **LANDSAT 8** amb el sensor **OLI-TIRS**, les imatges obtingudes d'aquest satèl·lit són molt semblants a les explicades anteriorment.

El LANDSAT 8 va ser llançat l'11 de febrer de 2013 i és la versió més moderna actualment del programa LANDSAT. Aquest satèl·lit consta d'11 bandes i representa una millora considerable en la qualitat de les imatges. La resolució en les bandes espectrals s'ha mantingut en els ja coneguts 30 metres i s'ha rebaixat a 15 metres la resolució de la banda pancromàtica com ja es pot trobar des de la sèrie de LANDSAT 7.

El satèl·lit LANDSAT està proveït de dos sensors. El sensor OLI (Operational Land Imager) és l'encarregat de capturar les nou bandes de baixa resposta espectral mentre que el sensor TIRS (Thermal Infrared Sensor) s'encarrega de capturar les bandes 10 i 11 associades a l'infraroig llunyà. Veiem a la següent taula (Taula 6) les bandes que obtenim amb la nova versió d'aquesta sèrie de satèl·lits:

BANDA	NOM	RANG ESPECTRAL (μm)	RESOLUCIÓ ESPACIAL (m)
1	Costera/Aerosol	0,43 – 0,45	30
2	Blau	0,45 – 0,51	30
3	Verd	0,52 – 0,60	30
4	Vermell	0,63 – 0,68	30
5	Infraroig Proper (IRp)	0,84 – 0,88	30
6	Infraroig Mig (IRm)	1,56 – 1,66	30
7	Infraroig Mig (IRm)	2,10 – 2,30	30
8	Pancromàtica	0,50 – 0,68	15
9	Cirrus	1,36 – 1,39	30
10	Infraroig Llunyà (IRll)	10,30 – 11,30	30
11	Infraroig Llunyà (IRll)	11,50 – 12,50	30

Taula 6 - Bandes espectrals LANDSAT 8 OLI-TIRS

4 PROGRAMARI

Els softwares emprats s'han escollit sota la condició que aquests fossin lliures o gratuïts per usuaris en condició d'estudiants; a diferència de l'ENVI.



Figura 4.1 - Logotip de la caràtula del Miramon

Mitjançant el programa **MIRAMON** (Figura 4.1), un Sistema d'Informació Geogràfica (SIG) i software de teledetecció que permet la visualització, consulta, edició i anàlisi tant de capes ràster com vectorials, s'han processat les fonts d'informació per crear els retalls de les imatges per delimitar la zona d'interès. Es tracta d'un programari elaborat pel CREA a la UAB. És de llicència gratuïta exclusiva per a l'Administració Pública Catalana, Universitats i Centres de Recerca catalans i estudiants de Catalunya.

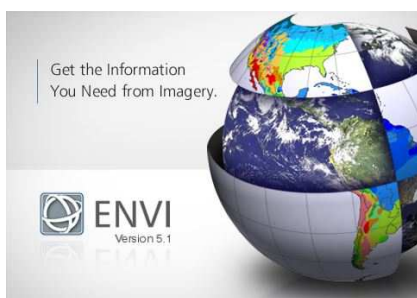


Figura 4.2 - Logotip de la caràtula d'ENVI

espectrals amb la tecnologia més, eines per llegir, explorar, preparar, analitzar i compartir informació extreta de tot tipus d'imatges: pancromàtiques, multiespectrals, radar... Es tracta d'un software creat per ESRI, és de pagament i està a l'abast de qualsevol usuari.

L'**ENVI** (Figura 4.2) és el programa que hem utilitzat durant la major part del projecte, concretament la versió 5.0 i ENVI Classic. Es un software de processament i anàlisi avançat d'imatges geoespacionals, i és utilitzat per analistes d'imatges, investigadors i professionals del SIG en una àmplia varietat de disciplines.

ENVI combina el processament de les imatges de l'anàlisi d'imatges proporcionant-nos, a més a més, explorar, preparar, analitzar i compartir informació extreta de tot tipus d'imatges: pancromàtiques, multiespectrals, radar... Es tracta d'un software creat per ESRI, és de pagament i està a l'abast de qualsevol usuari.

ArcMAP (Figura 4.3), una extensió de la plataforma d'ArcGIS que incorpora programes d'informació que permeten crear, analitzar, emmagatzemar i difondre dades i mapes entre altres funcions, s'ha emprat per crear els mapes temàtics a partir dels resultats obtinguts. És un programa de pagament que posa a l'abast dels estudiants un software gratuït per poder utilitzar-lo com a eina d'aprenentatge.

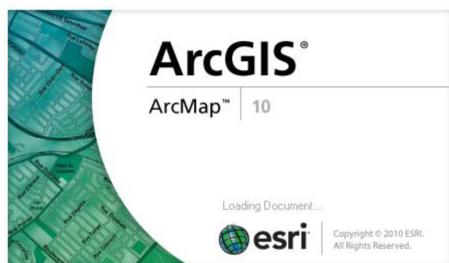


Figura 4.3 - Logotip i caràtula d'ArcGIS 10.3

5 METODOLOGIA

La metodologia serà aplicada en primer lloc per a la imatge del 1987, s'extrauran les conclusions pertinents a partir de la metodologia i procediments a per seguidament acabar aplicant la metodologia adient a la resta d'imatges, amb especial cura per la imatge del 2015.

5.1 MÈTODES DE CLASSIFICACIÓ SUPERVISADA

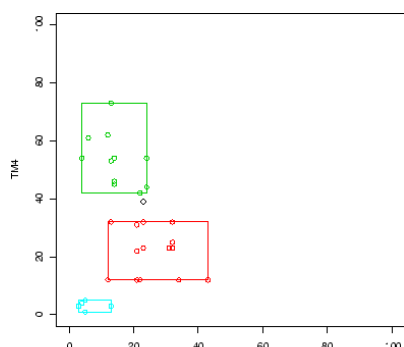


Figura 5.1 - Classificació per Paralelepíped

- Mètode “**PARALLELEPIPED**” (Figura 5.1): En aquest mètode es defineixen una sèrie de paral·lelepípedes que defineixen fronteres de cada classe. La definició de cadascun dels paral·lelepípedes s’ha de fer tenint en compte els valors màxims i mínims de reflectivitat per cadascuna de les bandes.

Amb aquest mètode poden aparèixer píxels sense assignar o píxels assignats a varies classes.

-Mètode “**MINIMUM DISTANCE**” (Figura 5.2): Donat que cada classe de sòl disposa d’una reflectivitat per cada una de les bandes, podem situar cadascuna de les classes com un centroides en un espai de variables. En aquest espai de variables es pot calcular la distància entre un píxel i una classe.

Evidentment el píxel X s’assignarà a la classe respecte la qual la seva distància sigui la mínima. En definitiva, es defineixen una sèrie d’*hiperesferes* que emplen l’*hiperespai de variables* sense interseccionar-se.

Aquest mètode no es massa bo ja que sobreclassifica la imatge, es a dir, cap píxel queda sense classificar. Això és una desavinença ja que és preferible deixar àrees sense classificar que classificar-les sense garanties.

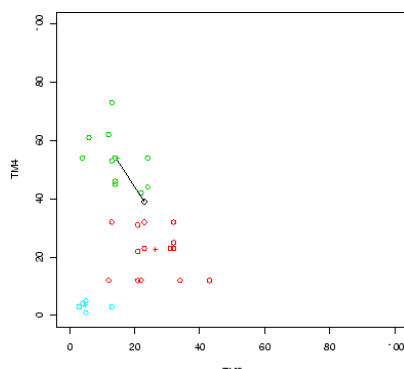


Figura 5.2 - Classificació per Mínima Distància

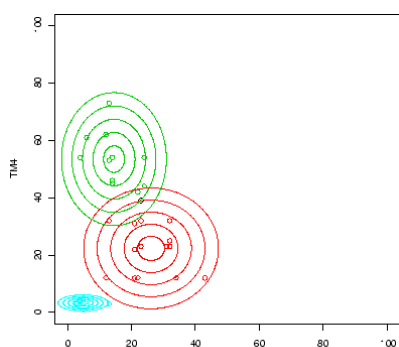


Figura 5.3 - Classificació per Màxima Versemblança

- Mètode “**MAXIMUM LIKEHOOD**” (Figura 5.3) : Donat que es té la mitjana i la desviació típica de cadascuna de les classes, es pot utilitzar algun model de distribució de probabilitat. El classificador de màxima versemblança assumeix que les dades segueixen una funció de distribució normal per assignar la probabilitat de que un píxel qualsevol pertanyi a cada una de les classes. El píxel s’assigna d’aquesta manera a la classe a la que més probable és que pertanyi.

A la figura apareixen una sèrie d’el·lipses rodejant cadascun dels centroides, es tracta de les línies d’*isoprobabilitat*, per tant el píxel es classificarà com pertinent a la classe en la que els seus valors siguin més probables.

5.1.1 DEFINICIÓ DE LES ÀREES D'ENTRENAMENT

Per dur a terme les classificacions, cal tenir definides unes *àrees d'entrenament*, o *Regions of Interest* (ROI), que consisteix a emmarcar dintre un polígon els píxels que pertanyen a un mateix ús i assignar-los-hi el nom de la classe. Per al posterior procés de verificació de la fiabilitat de la nostra classificació requerirem d'unes altres àrees d'entrenament definides a partir de píxels no emprats en les primeres àrees d'entrenament per generar la matriu de confusió que ens dirà la *fiabilitat global* i la *kappa*, que expressa el grau d'encert i equivocació de la nostra classificació. És a partir d'aquests ROI que generarem la imatge classificada i la seva comprovació. Es classificarà la imatge en 9 tipus (Taula 7) utilitzant, de totes les bandes disponibles, la combinació de bandes R:4-G:3-B:1 per la seva visualització (Figura 5.4)

TIPUS	Color 431	Color Class
Aigua	Blau fosc	Blue
Zona Urbana	Blau cel	Thistle 2
Roca - Sòl un	Blanc	Sienna 3
Prats	Vermell viu	Yellow
Vegetació Densa	Granate fosc	Green 3
Vegetació Clara (Arbustiva)	Grisós	Green 2
Conreu de Regadiu Intensiu	Vermell viu	Orange 3
Conreu Herbaci de Secà	Lila marronós	Orange 4
Conreu d'Arbres Fruiters (no-cítrics)	Verds	Orange 2

Taula 7 - Identificació en la imatge i representació de la nostra classificació

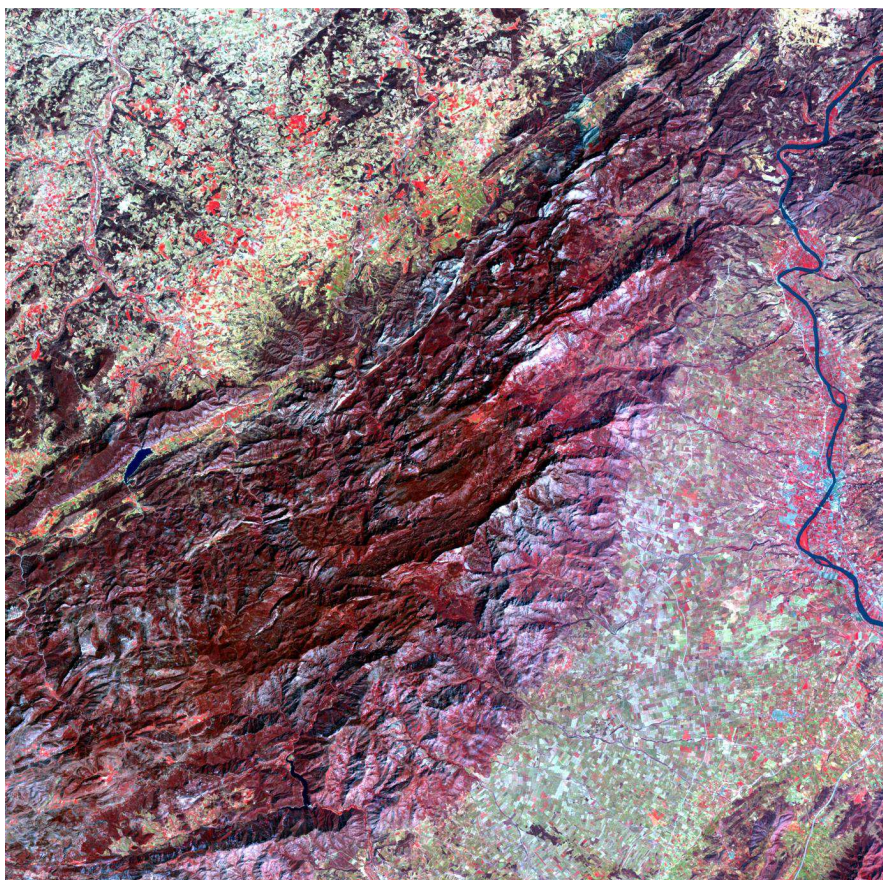


Figura 5.4- Imatge del 1987 en fals color amb combinació de bandes 431

5.2 FIABILITAT DE LA CLASSIFICACIÓ

Es determinarà quin ha estat el millor mètode de dues maneres:

5.2.1 MITJANÇANT ELS RESULTATS DE LES MATRIUS DE CONFUSIÓ

Comparant la informació que ens aporten les matrius de confusió, un post-procés que ens quantifica en forma de matriu la fiabilitat de la nostra classificació.

Per analitzar la informació que ens pot aportar una matriu de confusió, cal saber que la diagonal de la matriu ha d'estar conformada pel total de píxels de cada classe corresponentment, voldrà dir que la matriu està perfectament classificada, la resta de nombres que conformen la matriu i que no pertanyen a la diagonal de la mateixa, seran tot zeros. Per tant, és molt difícil aconseguir un 100% d'encert, però com més s'ajustin els nombres de la diagonal al número total de píxels de la classe en concret i més petits siguin els números de la resta de la matriu, s'estarà executant un treball amb el menor error que ens ha estat possible aconseguir. Però abans que això, tenim una manera més ràpida de considerar la fiabilitat de la nostra classificació, mitjançant dos paràmetres anomenats: Fiabilitat Global i la constant Kappa.

Per definició, la fiabilitat global és el nombre de píxels correctament classificats respecte al total de píxels mostrejats, i la kappa (de Cohen) és una mesura estadística que ajusta l'efecte de l'atzar en la proporció de la concordança observada per elements qualitius.

Veiem que la matriu, a més a més, ens mostra en cada fila el nombre de píxels pertanyents a cada classe segons l'usuari, i en cada columna els píxels que el logaritme de classificació adjudica per cada classe.

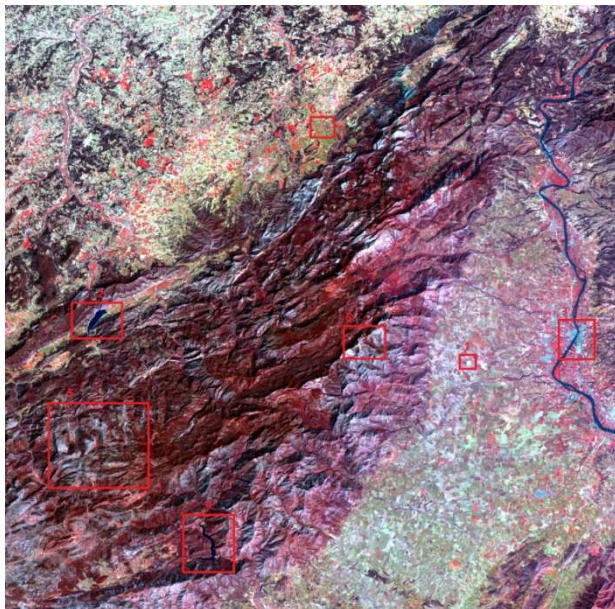
Per últim, comentarem les últimes dades que separen els píxels segons els criteris d'omissió i comissió:

Omissió: Píxels que corresponen als elements no diagonals de les columnes i que haurien de ser d'un tipus però s'han classificat en uns altres de diferents. Dit d'una altra manera, el model no ha tingut en compte una ocurrència (*subpredicció*).

Comissió: Píxels que corresponen als elements no diagonals de les files i que, de la mateixa manera que amb la ommissió, han estat assignades a altres classes diferents. En altres paraules, el model ha predit una ocurrència on no existia (*sobrepredicció*).

5.2.2 MITJANÇANT LA COMPARATIVA VISUAL. PUNTS DE CONTROL.

Existeixen diverses zones de sòls poc canviants i coneguts que ens serveixen com "punts de control" a l'hora de determinar els coincidències de la nostra classificació amb la imatge original i que a partir d'ara es faran servir. Per exemple:



1 – Zona d'extracció minera (Pedrera)

2 – Embassament de pena

3 – Tortosa

4 – Pantà d'Uldecona

5 – Reserva Natural Parcial de les fagedes dels Ports

6 - Caro

7 – Horta de Sant Joan

... entre d'altres.

Les zones d'extracció minera (1) ens ajuden a veure la representació dels sòls nus o roca, i quan la extracció està avançada, ens assegura que la superfície que abasteix es mantindrà amb els mínims canvis, igual que els embassaments, que són zones artificials i controlades d'aigua que el màxim canvi que podem esperar és quan hi ha decreixement dels nivells d'aigua, apreciament zones humides o de sòl nu.

Les poblacions circumdants ens serveixen per situar-nos, a la vegada que podem estudiar la seva expansió subjecta a la evolució demogràfica durant els anys i veure quins altres usos ha envaït a causa d'aquesta.

Un altre punt a tenir en compte per controlar la nostra classificació són els pics de les muntanyes que solen presentar roca nua, com és el mont Caro, la Barcina, La Tossa del rei...

I per últim, un tret important a l'hora de classificar és conèixer el comportament de la zona, per exemple saber si hi ha hagut incendis per esperar algun resultat concret com és el cas de l'incendi d'Horta de Sant Joan (7) l'any 2009, on es va incendiar molt pi blanc, però com mostren les imatges va recuperar-se ràpidament.

6 PROCESSAT DE LES DADES

6.1 PRE-PROCESSAT

6.1.1 RETALL DE LES IMATGES

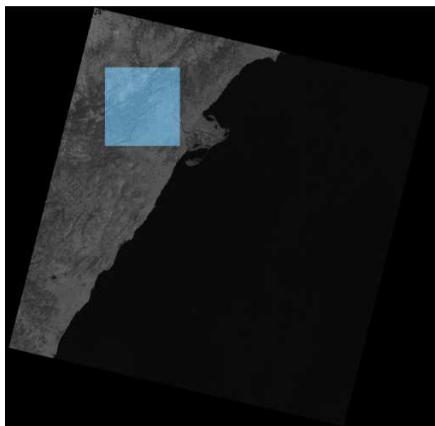


Figura 6.1 - Comparació visual d'extensions de la imatge original i el retall de la imatge

El primer pas que s'ha dut a terme en aquest projecte ha estat la el retall de les imatges amb Miramon definint les X i Y mínimes i màximes de la imatge, donant-nos com a resultat un retall quadrat.

Un cop tenim les imatges en TIFF (format de treball del Miramon) es converteixen a format IMG (format de treball de l'ENVI) per poder procedir amb la elaboració de les imatges multibanda. Podem comparar les dimensions la imatge original amb el retall visualment (Figura 6.1) i numèricament (Taula 8) prenent com a exemple la BANDA4 de la imatge de 1987.

COORD.Limit	I.ORIGINAL(m)	REBALL(m)
X mínima	196485	251895
X màxima	436215	293745
Y mínima	4356585	4502115
Y màxima	4575015	4543425

Taula 8- Extensió de les imatges en UTM-31N-WGS84

6.1.2 CORRECCIÓ RADIOMÈTRICA DE LES BANDES

Una imatge de satèl·lit està sotmesa a una sèrie d'interferències que fan que la informació que vol obtenir-se aparegui pertorbada per una sèrie d'errors:

- Falles en els sensors, generen píxels incorrectes (correcció radiomètrica)
- Alteracions en el moviment del satèl·lit i el mecanisme de captació en els sensors, generen distorsions en la imatge global (correcció geomètrica)
- Interferència de l'atmosfera, altera de manera sistemàtica als valors dels píxels (correcció atmosfèrica)

D'aquests tipus de correccions que es mencionen, la radiomètrica, la única correcció que s'aplicarà en aquest projecte, és la més senzilla. De fet en alguns casos les estacions receptores porten a terme algun tipus de correcció al mateix sistema de recepció de la imatge. La correcció radiomètrica implica per una part la restauració de línies o píxels perduts i per l'altra la correcció del bandejat de la imatge.

CALIBRACIÓ DE LES IMATGES LANDSAT AMB ENVI:

Aquest mètode es basa en la introducció del model de satèl·lit, la data de captura, la elevació i l'azimut del Sol en el moment de la captura, la banda a calibrar, la definició dels paràmetres L_{\min} , L_{\max} (sent L la radiància espectral del sensor) o Gain i Bias.

En les metadades podem trobar la major part de la informació, però els quatre últims han estat establerts i generalitzats per a totes les imatges del Landsat 5 tal com s'especifica en la Taula 9 extreta de l'article de Gyanesh Chander i Brian Markham: IEEE TRANSACTIONS ON GEOSCIENCE AND REMOTE SENSING (2003).

L-5 TM POSTCALIBRATION DYNAMIC RANGES FOR U.S. PROCESSED NLAPS DATA

Spectral Radiances, L_{\min} and L_{\max} in $W/(m^2 \cdot sr \cdot \mu m)$								
Processing Date	From March 1, 1984				After May 5, 2003			
	To May 4, 2003							
Band	L_{\min}	L_{\max}	G_{rescale}	B_{rescale}	L_{\min}	L_{\max}	G_{rescale}	B_{rescale}
1	-1.52	152.10	0.602431	-1.52	-1.52	193.0	0.762824	-1.52
2	-2.84	296.81	1.175100	-2.84	-2.84	365.0	1.442510	-2.84
3	-1.17	204.30	0.805765	-1.17	-1.17	264.0	1.039880	-1.17
4	-1.51	206.20	0.814549	-1.51	-1.51	221.0	0.872588	-1.51
5	-0.37	27.19	0.108078	-0.37	-0.37	30.2	0.119882	-0.37
6	1.2378	15.303	0.055158	1.2378	1.2378	15.303	0.055158	1.2378
7	-0.15	14.38	0.056980	-0.15	-0.15	16.5	0.065294	-0.15

Taula 9- Taula de parametres de calibració d'imatges LANDSAT 5 TM

També cal a dir que s'ha procedit a la comprovació de l'azimut i elevació del Sol mitjançant el SunEarthTools per veure si els valors de les metadades són correctes. Aquest aplicatiu permet la descàrrega en format PDF de les dades en qüestió, i poden ser consultades a l'Annex 10, i són les que s'han emprat per la correcció radiomètrica.

CORRECCIÓ "FLAT FIELD" DE LES IMATGES

Seguidament, es durà a terme la correcció de les dades pel mètode Flat Field de l'ENVI. Aquesta correcció el que ens aporta és la normalització de les imatges coneguda la planura del terreny.

Per dur-la a terme es requereix d'una regió d'interès que contingui les dades d'una àrea plana, gran i espectralment uniforme, ja que en aquesta es suposa que l'espectre de radiació conté principalment efectes atmosfèrics i l'espectre solar.

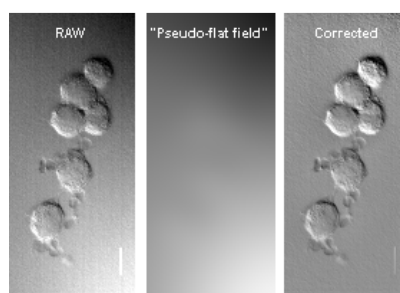


Figura 6.2 - Exemple visual d'uan imatge corregida pel mètode FLAT FIELD

6.2 PROCESSAT

6.2.1 CÀLCUL DE L'NDVI

Per a dur a terme la posterior comparativa dels resultats de classificar imatges en presència del NDVI com a banda i sense aquesta, caldrà calcular també l'Índex de Vegetació. Aquest s'ha creat automàticament amb una eina de ENVI.

És molt important haver demanat el resultat amb *floating point* i no amb *bytes* per obtenir els valors del rang espectral en nombres reals en comptes de valors de 0 a 255. A continuació podem veure el resultat de calcular el NDVI (Figura 6.3), que afegirem com una banda més a la imatge multibanda corregida:

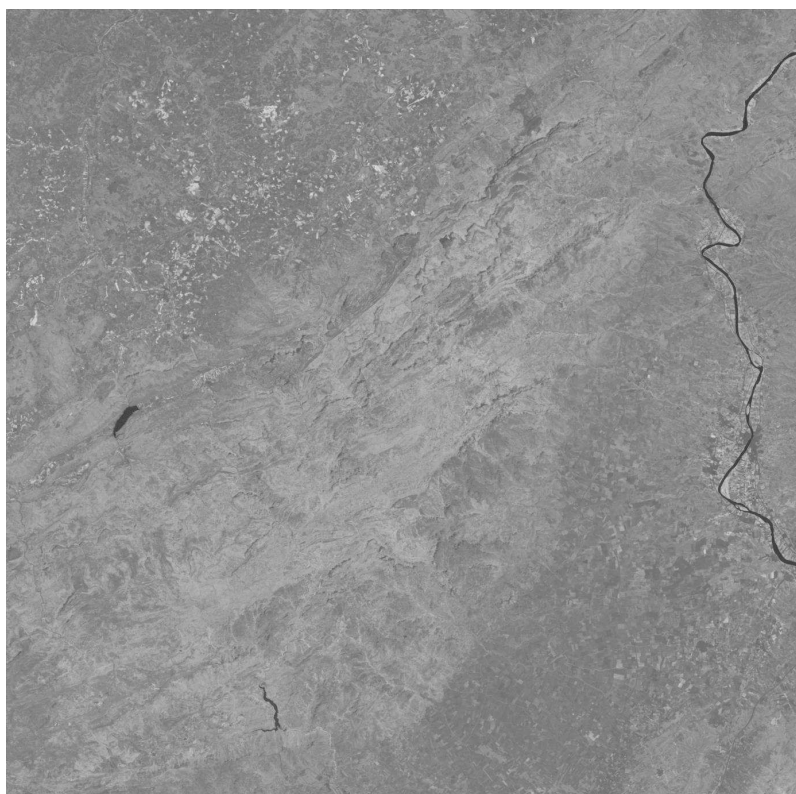


Figura 6.3 - NDVI calculat a partir de les bandes 3 i 4 de manera automàtica

Un cop s'hagin aplicat tots aquests passos amb la imatge de 1987 es tractaran les imatges corresponents a l'any 2015, per poder-la comparar amb la primera seguint les conclusions que s'han extret fins ara sobre els mètodes i combinacions que s'han de dur a terme per una millor classificació:

- Es crearan les àrees d'entrenament per la imatge de 2015 per dur a terme la classificació i les àrees d'entrenament per calcular les matrius de confusió.
- Es compararan els resultats en presència o absència de la banda 6 seguirem repetint aquest pas durant tots els processos de l'últim guió.
- No es corregiran les imatges com s'ha vist anteriorment aplicant els paràmetres de Lmax, Lmin, Gain i Bias (Taula 9) estandarditzats per les imatges Landsat, ja que les

metadades no venen acompanyades de les dades necessàries per fer les correccions radiomètriques pertinents i anteriorment hem vist que no afectava favorablement als resultats.

- Es calcularà directament l'NDVI de la imatge del 2015 per comparar les classificacions de la multibanda amb les següents combinacions de bandes:

B1,B2,B3,B4,B5,B6,B7,NDVI

B1,B2,B3,B4,B5,B7,NDVI

B3,B4,B5,B6,B7,NDVI

B3,B4,B5,B7,NDVI

Un cop realitzats tots els passos citats anteriorment, escollirem la millor combinació de bandes, durem a terme la classificació i acabarem fent la comparativa de les classificacions de les imatges de 1987 i 2015 per analitzar els canvis que han sofert els sòls.

7 ANÀLISI DELS RESULTATS

7.1 COMPARATIVA DELS MÈTODES DE CLASSIFICACIÓ APLICATS LA IMATGE DE 1987

7.1.1 CLASSIFICACIÓ PEL MÈTODE "PARALEL·LEPÍPEDE" DE LA IMATGE DEL 1987

Utilitzant la imatge multibanda de l'any 1987 amb totes les seves bandes per obtenir així la imatge classificada pel mètode del paral·lelepípede. Figura 7.1:

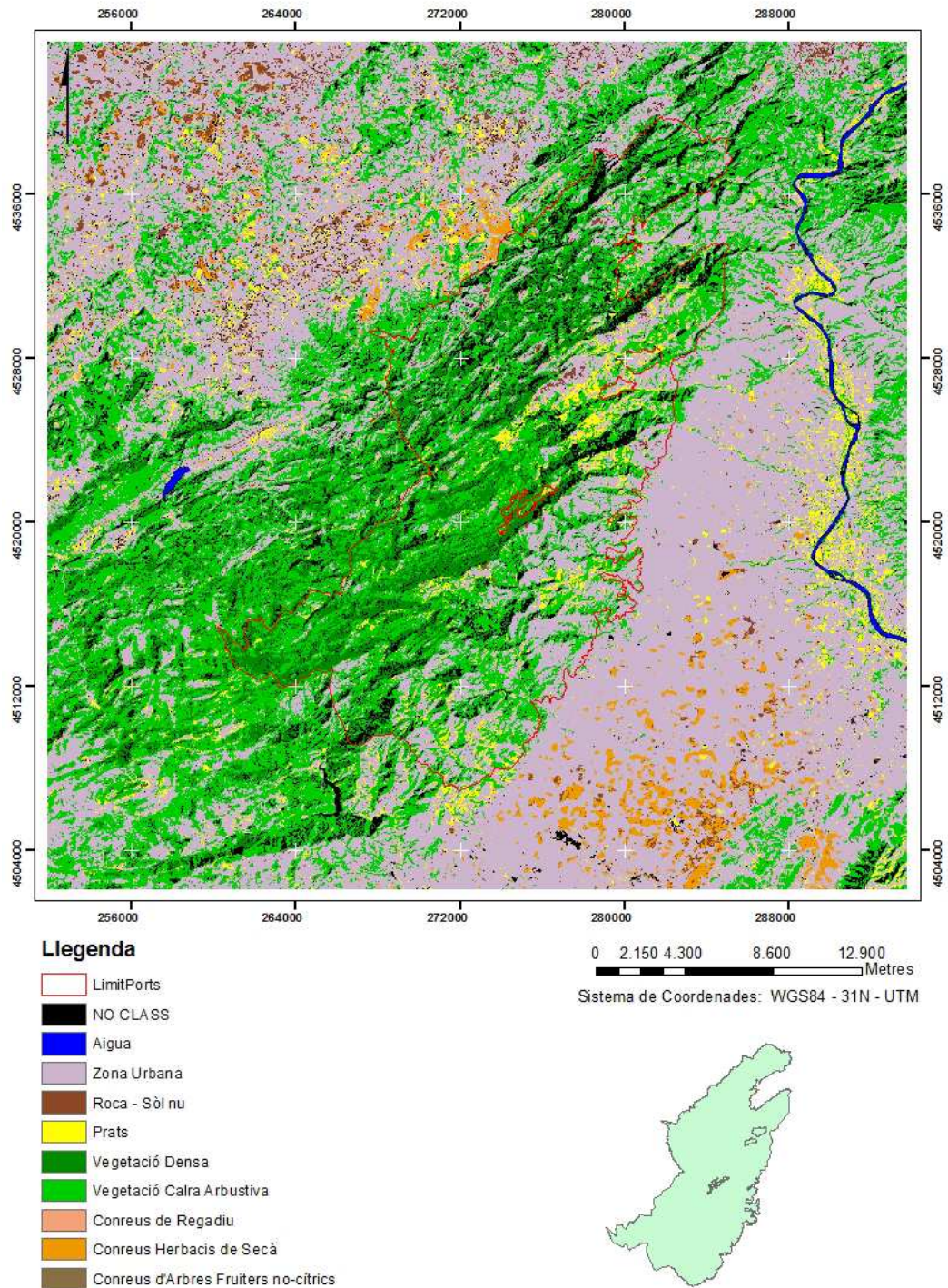


Figura 7.1 - Mapa de classificació de la imatge de 1987 pel mètode del paral·lelepípede

7.1.2 CLASSIFICACIÓ PEL MÈTODE “MÍNIMA DISTÀNCIA” DE LA IMATGE DE 1987

Utilitzant la imatge multibanda de l'any 1987 amb totes les seves bandes per obtenir així la imatge classificada pel mètode de mínima distància. Figura 7.2:

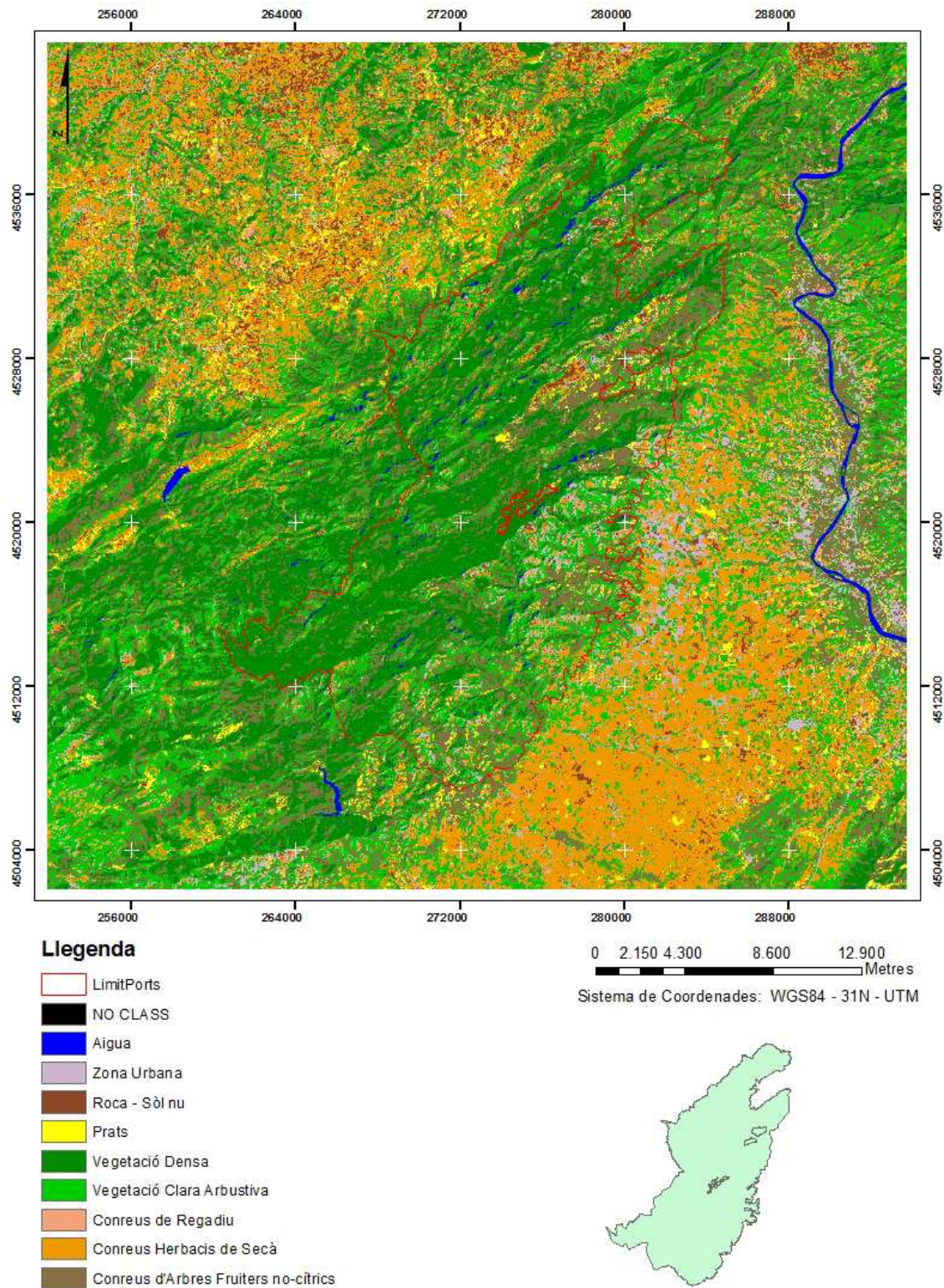


Figura 7.2 – Mapa de classificació de la imatge de 1987 pel mètode de Mínima Distància

7.1.3 CLASSIFICACIÓ PEL MÈTODE DE "MÀXIMA VERSEMBLANÇA" DE LA IMATGE DE 1987

Utilitzant la imatge multibanda de l'any 1987 amb totes les seves bandes per obtenir així la imatge classificada pel mètode de màxima versemblança. Figura 7.3:

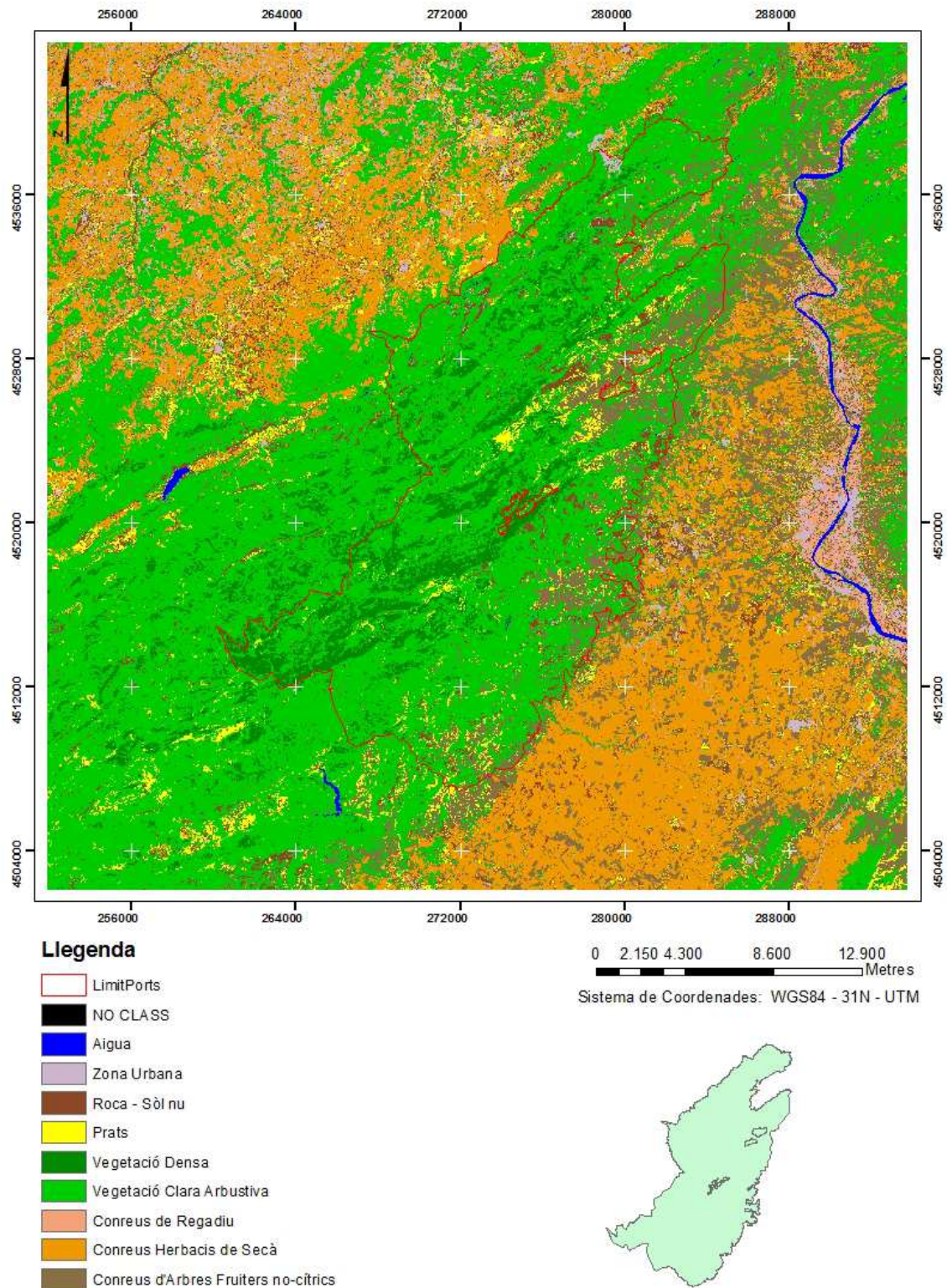


Figura 7.3 - Mapa de classificació de la imatge de 1987 pel mètode de Màxima Versemblança

Taula resum de les matrius de confusió dels diversos mètodes de classificació d'imatges multibanda. A l'esquerra es veu el nombre de píxels classificats per cada classe i a la dreta l'apartat d'omissió i comissió:

Taula 10 – Resum matriu de Confusió del mètode de classificació del Paral·lelepède

Overall Accuracy = (5911/9687) 61.0199%
Kappa Coefficient = 0.5628

Ground Truth (Pixels)							Commission (Pixels)	Omission (Pixels)
Class	Aigua	Prats	Zona Urbana	Roca Sol nu	Vegetació Den			
Unclassified	73	29	34	23	52			
Aigua [Blue]	1125	0	0	0	0		0/1125	73/1198
Prats [Yellow]	0	691	0	0	0		839/1530	336/1027
Zona urbana [	0	267	910	79	0		2187/3097	218/1128
Roca-Sòl nu [	0	0	109	881	0		123/1004	102/983
Vegetació Den	0	1	0	0	1000		2/1002	59/1059
Vegetació Cla	0	24	0	0	7		117/527	645/1055
Conreus Regad	0	15	0	0	0		15/395	748/1128
Conreus Secà	0	0	0	0	0		1/1	1036/1036
Conreus Arbre	0	0	75	0	0		143/657	559/1073
Total	1198	1027	1128	983	1059			

Ground Truth (Pixels)							Prod. Acc. (Pixels)	User Acc. (Pixels)
Class	Vegetació	ClaConreu	RegadiConreu	HerbacConreu	Arbres	Total		
Unclassified	0	15	58	65	349		1125/1198	1125/1125
Aigua [Blue]	0	0	0	0	1125		651/1027	691/1530
Prats [Yellow]	0	690	133	0	1530		910/1128	910/3097
Zona urbana [	636	33	692	480	3097		881/983	881/1004
Roca-Sòl nu [	1	0	0	14	1004		1000/1059	1000/1002
Vegetació Den	410	0	86	0	527		410/1055	410/527
Conreus Regad	0	380	0	0	395		308/1128	380/395
Conreus Secà	0	1	0	0	1		0/1036	0/1
Conreus Arbre	0	1	67	514	657		514/1073	514/657
Total	1055	1128	1036	1073	9687			

Taula 11– Resum matriu de Confusió del mètode de classificació de Mínima Distància

Overall Accuracy = (7721/9687) 79.7048%
Kappa Coefficient = 0.7717

Ground Truth (Pixels)							Commission (Pixels)	Omission (Pixels)
Class	Aigua	Prats	Zona Urbana	Roca Sol nu	Vegetació Den			
Unclassified	0	0	0	0	0		1/1199	0/1198
Aigua [Blue]	1198	0	0	0	1		182/956	253/1027
Prats [Yellow]	0	774	0	0	0		175/968	335/1128
Zona urbana [	0	1	793	4	0		212/1185	10/983
Roca-Sòl nu [	0	0	206	973	0		66/1124	1/1059
Vegetació Den	0	34	0	0	1058		717/1357	415/1055
Vegetació Cla	0	3	19	1	0		67/957	238/1128
Conreus Regad	0	67	0	0	0		249/748	537/1036
Conreus Secà	0	128	0	0	0		297/1193	177/1073
Conreus Arbre	0	20	110	5	0			
Total	1198	1027	1128	983	1059			

Ground Truth (Pixels)							Prod. Acc. (Pixels)	User Acc. (Pixels)
Class	Vegetació	ClaConreu	RegadiConreu	HerbacConreu	Arbres	Total		
Unclassified	0	0	0	0	0		1198/1198	1198/1199
Aigua [Blue]	0	0	0	0	1199		774/1027	774/956
Prats [Yellow]	0	182	0	0	956		793/1128	793/968
Zona urbana [	161	0	5	4	968		973/983	973/1185
Roca-Sòl nu [	4	0	0	2	1185		1058/1059	1058/1124
Vegetació Den	32	0	0	0	1124		640/1055	640/1357
Vegetació Cla	640	0	525	169	1357		890/1128	890/957
Conreus Regad	0	890	0	0	957		499/1036	499/748
Conreus Secà	63	56	499	2	748		896/1073	896/1193
Conreus Arbre	155	0	7	896	1193			
Total	1055	1128	1036	1073	9687			

Taula 12– Resum matriu de Confusió del mètode de classificació de Màxima Versemblança

Overall Accuracy = (9128/9687) 94.2294%
Kappa Coefficient = 0.9351

Ground Truth (Pixels)							Commission (Pixels)	Omission (Pixels)
Class	Aigua	Prats	Zona Urbana	Roca Sol nu	Vegetació Den			
Unclassified	0	0	0	0	0		0/1198	0/1198
Aigua [Blue]	1198	0	0	0	0		108/983	152/1027
Prats [Yellow]	0	875	0	0	0		1/1020	109/1128
Zona urbana [	0	0	1019	0	0		98/1071	10/983
Roca-Sòl nu [	0	1	60	973	0		30/1087	2/1059
Vegetació Den	0	30	0	0	1057		19/1021	53/1055
Vegetació Cla	0	5	1	1	2		84/1021	191/1128
Conreus Regad	0	79	0	0	0		132/1127	41/1036
Conreus Secà	0	37	0	1	0		87/1159	1/1073
Conreus Arbre	0	0	48	8	0			
Total	1198	1027	1128	983	1059			

Ground Truth (Pixels)							Prod. Acc. (Pixels)	User Acc. (Pixels)
Class	Vegetació	ClaConreu	RegadiConreu	HerbacConreu	Arbres	Total		
Unclassified	0	0	0	0	0		1198/1198	1198/1198
Aigua [Blue]	0	0	0	0	1198		875/1027	875/983
Prats [Yellow]	1	107	0	0	983		1019/1128	1019/1020
Zona urbana [	0	0	0	1	1020		973/983	973/1071
Roca-Sòl nu [	37	0	0	0	1071		1057/1059	1057/1087
Vegetació Den	0	0	0	0	1087		1002/1055	1002/1021
Vegetació Cla	1002	0	10	0	1021		937/1128	937/1021
Conreus Regad	0	937	5	0	1021		995/1036	995/1127
Conreus Secà	10	84	995	0	1127		1072/1073	1072/1159
Conreus Arbre	5	0	26	1072	1159			
Total	1055	1128	1036	1073	9687			

7.1.4 Discussió dels resultats – Determinació del millor mètode:

Fer un simple cop d'ull al mapa temàtic de la classificació pel mètode del paral·lelepípede ens ajuda a tenir una idea ràpida de la fiabilitat de la classificació, però és convenient fer la matriu de confusió (Taula 10), per veure els píxels que han estat ben classificats i els que han passat a formar part d'un altre ús. A primers trets, la fiabilitat global és d'un **61,199%** i la kappa de **0,5638**.

Ara bé, fent una comprovació visual a la classificació, el que més predomina és la classe corresponent a zona urbana, que com podem veure a les ortofotografies i les cobertes de sòls de Catalunya, no és cert, gran part d'aquesta àrea mal classificada correspon a camps de conreu. També si ens fixem en el Pantà de Ulldecona, ens el classifica com a NO DATA, no ha estat capaç de classificar-lo, fins i tot el poc que es veu de la Serra del Montsià ho classifica com a zona urbana en comptes de vegetació densa i clara arbustiva, els dos tipus predominant a dita zona.

Fixant-nos de nou en la matriu de confusió, però en aquest cas per al mètode de mínima distància (Taula 11), tenim una fiabilitat global més alta que la que ens aportava el mètode anterior amb una fiabilitat global de **79,7048** i una kappa de **0,7717**. La causa que ens impedeix aconseguir una fiabilitat més alta es veu en els elements no pertinents a la diagonal, uns valors massa alts com per ser menyspreats.

Els conreus de secà efectivament mostra una elevada omissió i comissió, seguida de la vegetació clara.

A primer cop d'ull sembla que s'adapta més a la realitat dels sòls, tot i que abunda la vegetació arbustiva en zones que és sabut que són àrees de conreu al igual que abunden zones d'aigua en llocs d'ombra de la imatge. Aquest últim error tractarem d'atenuar-lo mitjançant les pertinents correccions radiomètriques.

Per últim, mitjançant el mètode de màxima versemblança, en la matriu de confusió la fiabilitat global és satisfactòria, molt més alta que anteriorment, amb un **94,2294%** i una Kappa de **0,9351**, i si ens fixem en la comissió i omissió, tots els valors són molt baixos, no superant el 12% en el primer cas ni el 17% en el segon.

Com es tracta d'un error petit l'obviarem, veiem en la matriu de confusió (Taula 12) que píxels corresponents a prats han anat a regadiu i viceversa.

Visualment ha estat el més satisfactori aquest últim mètode, no hi ha aigua en zones d'ombra, es respecten les zones de conreu y vegetació salvatge de muntanya, tot i que es confonen alguns conreus de regadiu amb els prats (tant prats com conreus de regadiu intensiu donen una resposta semblant als sensors Landsat, només l'usuari pot aplicar la lògica de que només fora dels límits del parc natural pot haver conreus de regadiu, ja que és una zona protegida, però el programa no pot aplicar lògiques fora del logaritme establert.

Concloem , per tant, que de totes les classificacions supervisades, el mètode més eficient i fiable és el: **MÈTODE DE CLASSIFICACIÓ PER MÀXIMA VERSEMBLANÇA**.

7.2 COMPARATIVA DELS RESULTATS EN PRESENCIA DE LA BANDA 6

7.2.1 CLASSIFICACIÓ DE LA IMATGE DE 1987 SENSE LA BANDA 6

Classificació de la imatge del 1987 pel mètode de màxima versemblança sense comptar amb la banda tèrmica. Figura 7.4:

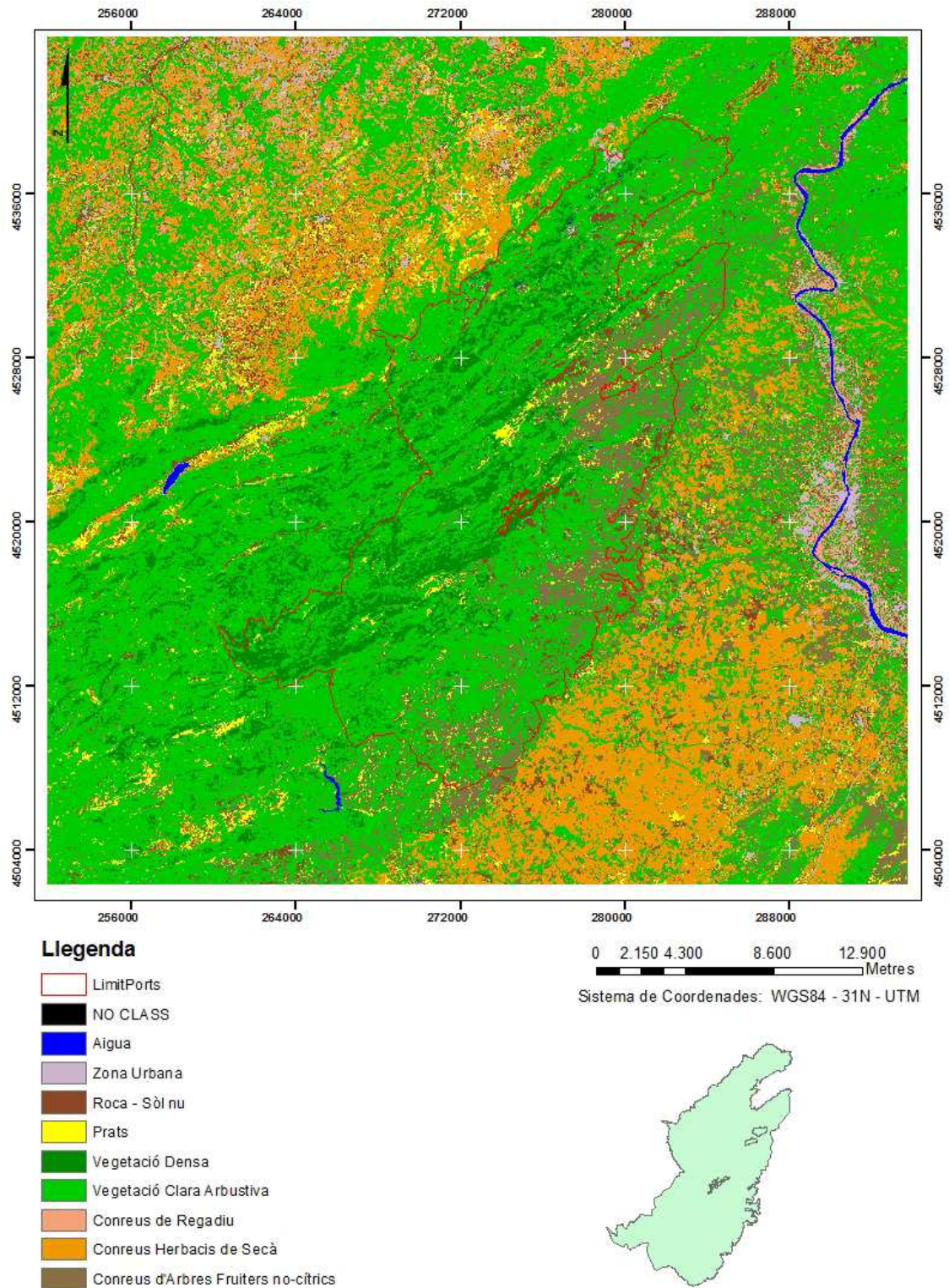


Figura 7.4 - Mapa de classificació de la imatge del 1987 pel mètode de Màxima Versemblança obviant la Banda 6

Taula resum de les matrius de confusió per la comparativa entre la existència o absència de la banda 6 en la classificació d'imatges multibanda:

Taula 13 - Resum de la matriu de confusió per la classificació de la imatge de 1987 amb totes les bandes

Overall Accuracy = (9128/9687) 94.2294%
Kappa Coefficient = 0.9351

Ground Truth (Pixels)							
Class	Aigua	Prats	Zona Urbana	Roca Sol nu	Vegetació Den		
Unclassified	0	0	0	0	0		
Aigua [Blue]	1198	0	0	0	0	Commission	Omission
Prats [Yellow]	0	875	0	0	0	(Pixels)	(Pixels)
Zona urbana [	0	0	1019	0	0	0/1198	0/1198
Roca-Sòl nu [	0	1	60	973	0	108/983	152/1027
Vegetació Den	0	30	0	0	1057	1/1020	109/1128
Vegetació Cla	0	5	1	1	2	98/1071	10/983
Conreus Regad	0	79	0	0	0	30/1087	2/1059
Conreus Secà	0	37	0	1	0	19/1021	53/1055
Conreus Arbres	0	0	48	8	0	84/1021	191/1128
Total	1198	1027	1128	983	1059	132/1127	41/1036
						87/1159	1/1073

Ground Truth (Pixels)							
Class	Vegetació Cla	Conreus Regad	Conreus Herb	Conreus Arbres	Total	Prod. Acc.	User Acc.
Unclassified	0	0	0	0	0	(Pixels)	(Pixels)
Aigua [Blue]	0	0	0	0	1198	1198/1198	1198/1198
Prats [Yellow]	1	107	0	0	983	875/1027	875/983
Zona urbana [	0	0	0	1	1020	1019/1128	1019/1020
Roca-Sòl nu [	37	0	0	0	1071	973/983	973/1071
Vegetació Den	0	0	0	0	1087	1057/1059	1057/1087
Vegetació Cla	1002	0	10	0	1021	1002/1055	1002/1021
Conreus Regad	0	937	5	0	1021	937/1128	937/1021
Conreus Secà	10	84	995	0	1127	995/1036	995/1127
Conreus Arbres	5	0	26	1072	1159	1072/1073	1072/1159
Total	1055	1128	1036	1073	9687		

Taula 14 - Resum de la matriu de confusió per la classificació de la imatge de 1987 sense la Banda 6

Overall Accuracy = (8686/9687) 89.6666%
Kappa Coefficient = 0.8837

Ground Truth (Pixels)							
Class	Aigua	Prats	Zona Urbana	Roca Sol nu	Vegetació Den		
Unclassified	0	0	0	0	0		
Aigua [Blue]	1197	0	0	0	0	Commission	Omission
Prats [Yellow]	0	864	0	0	0	(Pixels)	(Pixels)
Zona urbana [	1	0	1015	2	0	0/1197	1/1198
Roca-Sòl nu [	0	1	69	969	0	136/1000	163/1027
Vegetació Den	0	30	0	0	1058	8/1023	113/1128
Vegetació Cla	0	4	1	2	1	101/1070	14/983
Conreus Regad	0	88	0	0	0	30/1088	1/1059
Conreus Secà	0	40	0	0	0	437/1443	49/1055
Conreus Arbres	0	0	43	10	0	90/1005	213/1128
Total	1198	1027	1128	983	1059	127/748	415/1036
						72/1113	32/1073

Ground Truth (Pixels)							
Class	Vegetació Cla	Conreus Regad	Conreus Herb	Conreus Arbres	Total	Prod. Acc.	User Acc.
Unclassified	0	0	0	0	0	(Pixels)	(Pixels)
Aigua [Blue]	0	0	0	0	1197	1197/1198	1197/1197
Prats [Yellow]	0	128	8	0	1000	864/1027	864/1000
Zona urbana [	1	0	0	4	1023	1015/1128	1015/1023
Roca-Sòl nu [	31	0	0	0	1070	969/983	969/1070
Vegetació Den	0	0	0	0	1088	1058/1059	1058/1088
Vegetació Cla	1006	0	401	28	1443	1006/1055	1006/1443
Conreus Regad	0	915	2	0	1005	915/1128	915/1005
Conreus Secà	2	85	621	0	748	621/1036	621/748
Conreus Arbres	15	0	4	1041	1113	1041/1073	1041/1113
Total	1055	1128	1036	1073	9687		

7.2.2 Discussió dels resultats – Presència de la banda 6 a l'hora de classificar:

Visualment veiem que excloent la banda del tèrmic, la banda 6, el resultat que se'ns proporciona s'assembla molt a la classificació que inclou la Banda 6 (Taula 13), no podem extreure moltes conclusions a ull nu.

Si ens fixem en la matriu de confusió (Taula 14) la Fiabilitat global ha disminuït d'un 94,2294% a un **89,6666%**, i la Kappa ha baixat d'un 0,9351 a **0,8837**.

O sigui, que pel que fa a la classificació, prescindir de la banda tèrmica no ens dona millors resultats, però, com s'ha dit anteriorment, es seguirà comparant cada procés amb el mateix criteri, classificar amb la banda 6 i seguidament eliminar-la per veure si es pot donar el cas, a la llarga, que afegint una banda creada mitjançant les imatges (com és el NDVI) o bé emprant les bandes corregides, es pugui suplir la banda 6 i comprovar si aquesta pot influir negativament en la nostra classificació i concloure algun canvi significatiu a tenir en compte.

7.3 COMPARATIVA DELS RESULTATS AMB BANDES CORREGIDES RADIOMÈTRICAMENT

7.3.1 CLASSIFICACIÓ DE LA IMATGE DEL 1987 CORREGIDA I NO CORREGIDA RADIOMÈTRICAMENT

Imatge del 1987 corregida radiomètricament, i classificada pel mètode de màxima versemblança amb totes les seves bandes. Figura 7.5:

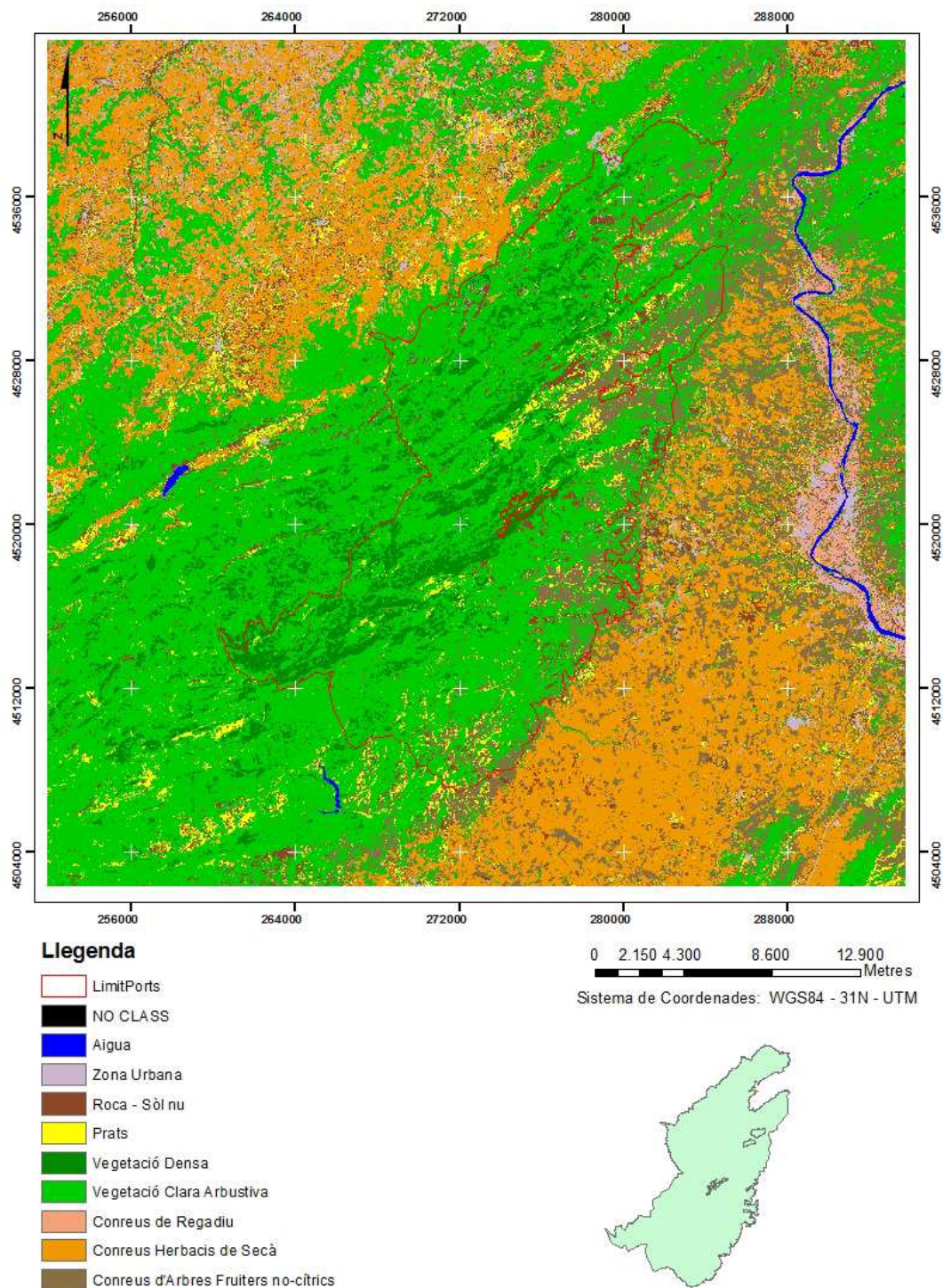


Figura 7.5 - Classificació de la imatge de 1987 corregida radiomètricament

7.3.2 CLASSIFICACIÓ DE LA IMATGE DEL 1987 CORREGIDA I NO CORREGIDA RADIOMÈTRICAMENT SENSE LA BANDA 6

Imatge corregida radiomètricament, però no topogràficament, i classificada pel mètode de màxima versemblança amb totes les seves bandes excepte la 6. Figura 7.6:

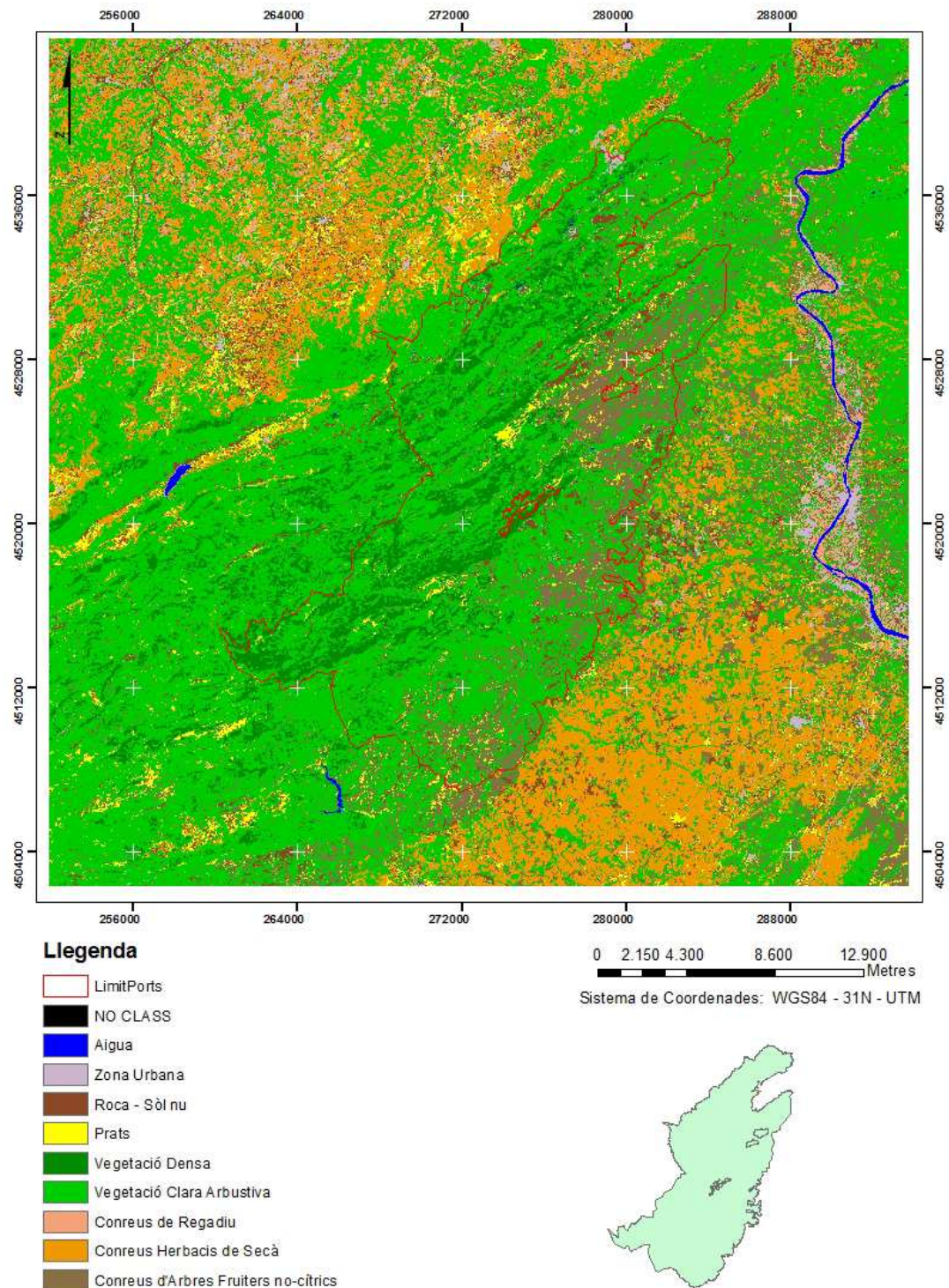


Figura 7.6 - Classificació de la imatge de 1987 corregida radiomètricament sense la banda 6

Taula resum de les matrius de confusió per la comparativa entre en la existència o absència de la banda 6 en la classificació d'imatges multibanda:

Taula 15 –Resum de la matriu de confusió de la classificació de la imatge de 1987 no corregida

Overall Accuracy = (9128/9687) 94.2294%
Kappa Coefficient = 0.9351

Ground Truth (Pixels)								
Class	Aigua	Prats	Zona Urbana	Roca Sol	nuVegetacio	Den	Commission	Omission
Unclassified	0	0	0	0	0	0	(Pixels)	(Pixels)
Aigua [Blue]	1198	0	0	0	0	0	0/1198	0/1198
Prats [Yellow]	0	875	0	0	0	0	108/983	152/1027
Zona urbana [	0	0	1019	0	0	0	1/1020	109/1128
Roca-Sòl nu [	0	1	60	973	0	0	98/1071	10/983
Vegetació Den	0	30	0	0	1057	0	30/1087	2/1059
Vegetació Cla	0	5	1	1	2	0	19/1021	53/1055
Conreus Regad	0	79	0	0	0	0	84/1021	191/1128
Conreus Secà	0	37	0	1	0	0	132/1127	41/1036
Conreus Arbres	0	0	48	8	0	0	87/1159	1/1073
Total	1198	1027	1128	983	1059			

Ground Truth (Pixels)								
Class	Vegetacio	ClaConreu	RegadiConreu	HerbacConreu	Arbres	Total	Prod. Acc. (Pixels)	User Acc. (Pixels)
Unclassified	0	0	0	0	0	0	1198/1198	1198/1198
Aigua [Blue]	0	0	0	0	0	1198	875/983	875/983
Prats [Yellow]	1	107	0	0	0	983	1019/1128	1019/1020
Zona urbana [	0	0	0	1	1020	1071	973/983	973/1071
Roca-Sòl nu [	37	0	0	0	0	1087	1057/1059	1057/1087
Vegetació Den	0	0	0	0	0	1021	1002/1055	1002/1021
Vegetació Cla	1002	0	10	0	0	1021	937/1128	937/1021
Conreus Regad	0	937	5	0	0	1127	995/1036	995/1127
Conreus Secà	10	84	995	0	0	1159	1072/1073	1072/1159
Conreus Arbres	5	0	26	1072	0	9687		
Total	1055	1128	1036	1073	9687			

Taula 16 - Resum de la matriu de confusió de la classificació de la imatge de 1987 corregida

Overall Accuracy = (8686/9687) 89.6666%
Kappa Coefficient = 0.8837

Ground Truth (Pixels)								
Class	Aigua	Prats	Zona Urbana	Roca Sol	nuVegetacio	Den	Commission	Omission
Unclassified	0	0	0	0	0	0	(Pixels)	(Pixels)
Aigua [Blue]	1197	0	0	0	0	0	0/1197	1/1198
Prats [Yellow]	0	864	0	0	0	0	136/1000	163/1027
Zona urbana [	1	0	1015	2	0	0	8/1023	113/1128
Roca-Sòl nu [	0	1	69	969	0	0	101/1070	14/983
Vegetació Den	0	30	0	0	1058	0	30/1088	1/1059
Vegetació Cla	0	4	1	2	1	0	437/1443	49/1055
Conreus Regad	0	88	0	0	0	0	90/1005	213/1128
Conreus Secà	0	40	0	0	0	0	127/748	415/1036
Conreus Arbres	0	0	43	10	0	0	72/1113	32/1073
Total	1198	1027	1128	983	1059			

Ground Truth (Pixels)								
Class	Vegetacio	ClaConreu	RegadiConreu	HerbacConreu	Arbres	Total	Prod. Acc. (Pixels)	User Acc. (Pixels)
Unclassified	0	0	0	0	0	0	1197/1198	1197/1197
Aigua [Blue]	0	0	0	0	0	1197	864/1027	864/1000
Prats [Yellow]	0	128	8	0	0	1000	1015/1128	1015/1023
Zona urbana [	1	0	0	4	0	1070	969/983	969/1070
Roca-Sòl nu [	31	0	0	0	0	1088	1058/1059	1058/1088
Vegetació Den	0	0	0	0	0	1443	1006/1055	1006/1443
Vegetació Cla	1006	0	401	28	0	1005	915/1128	915/1005
Conreus Regad	0	915	2	0	0	748	621/1036	621/748
Conreus Secà	2	85	621	0	0	1113	1041/1073	1041/1113
Conreus Arbres	15	0	4	1041	0	9687		
Total	1055	1128	1036	1073	9687			

7.3.3 Discussió dels resultats – Presència de la banda 6 en les imatges corregides:

Els resultats obtinguts de les imatges no corregides radiomètricament són molt semblants als de la imatge sense dita correcció.

Si ens fixem en la matriu de confusió de la imatge corregida veiem per la diagonal que ha estat un procés satisfactori per algunes classes, però no per totes.

Es sap que aquesta correcció es fa quan es vol comparar imatges de diferents dates, per tant, tot i que el canvi sigui petit és coherent i no deixa de ser necessari per dur a terme tal comparativa. Així que a partir dels processos restants s'utilitzarà la imatge multibanda corregida radiomètricament.

7.4 COMPARATIVA DELS RESULTATS COMBINANT BANDES AMB L'NDVI

7.4.1 CLASSIFICACIÓ DE LA IMATGE DEL 1987 AFEGINT NDVI

Imatge corregida radiomètricament i classificada pel mètode de màxima versemblança amb totes les seves bandes, a més a més, afegim el NDVI com una banda més. Figura 7.7:

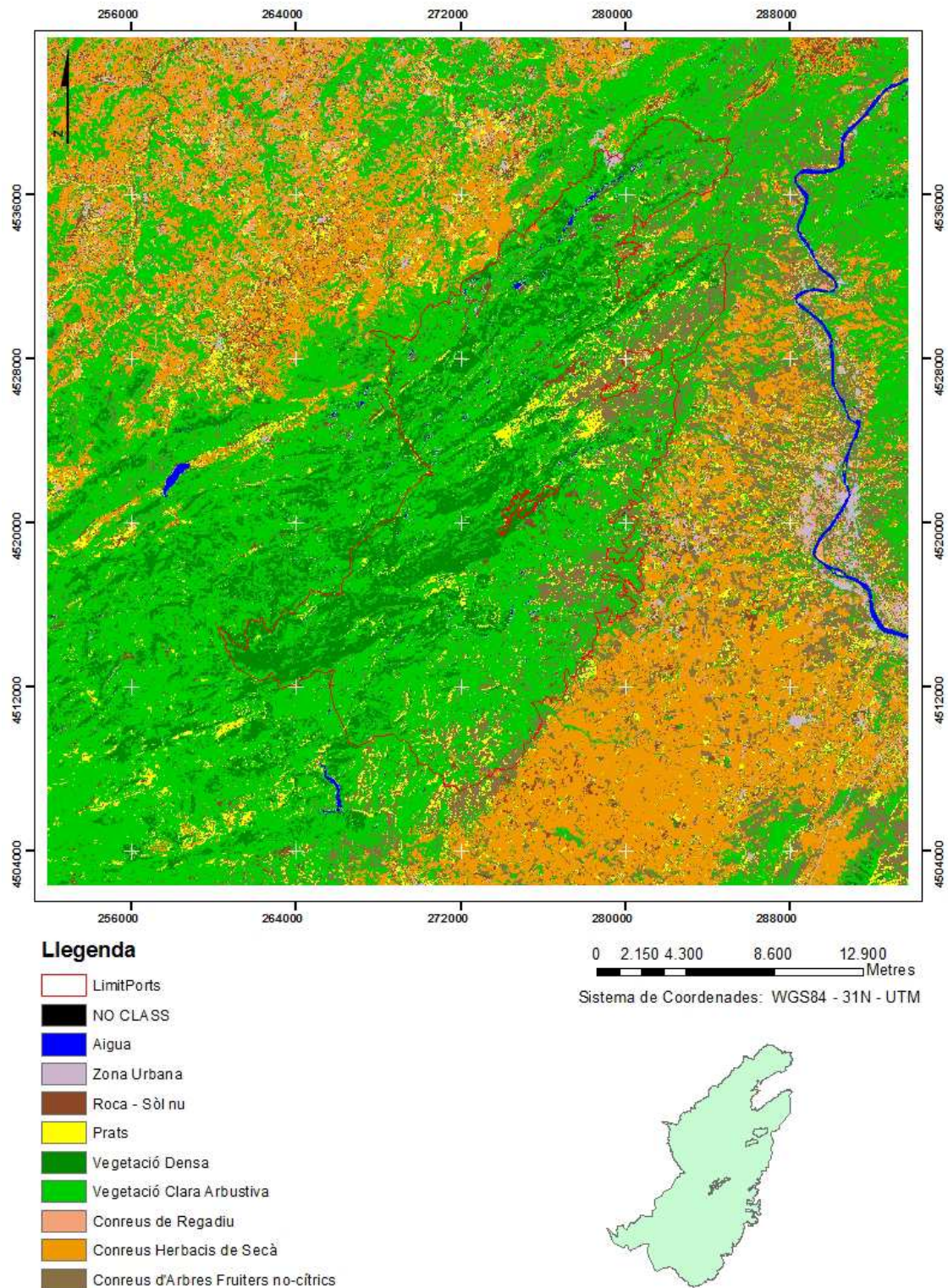


Figura 7.7 - Classificació de la imatge de 1987 amb totes les seves bandes més el NDVI

7.4.2 CLASSIFICACIÓ DE LA IMATGE DEL 1987 AFEGINT NDVI I EXCLOENT LA BANDA 6

Imatge corregida radiomètricament i classificada pel mètode de màxima versemblança amb totes les seves bandes excepte la 6, en el lloc d'aquesta afegirem el NDVI com una banda més. Figura 7.8:

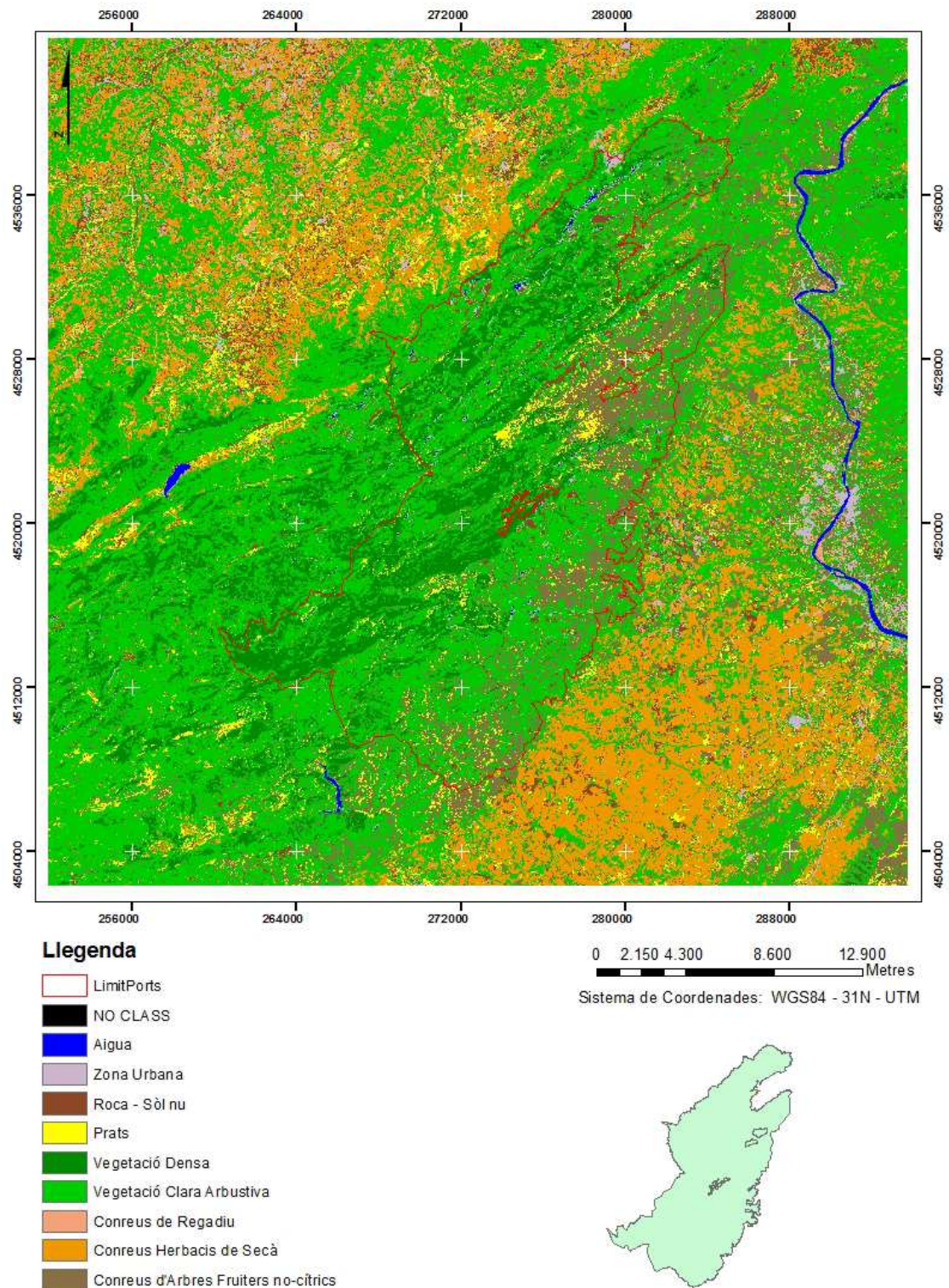


Figura 7.8 - Classificació de la imatge de 1987 sense la banda 6 i afegint el NDVI com a banda

7.4.3 CLASSIFICACIÓ DE LA IMATGE DEL 1987 AFEGINT NDVI I EXCLOENT LES BANDES 1 i 2

Imatge corregida radiomètricament i classificada pel mètode de màxima versemblança amb totes les seves bandes excepte la 1 i la 2, en el lloc d'aquestes afegirem el NDVI com una banda més. Figura 7.9:

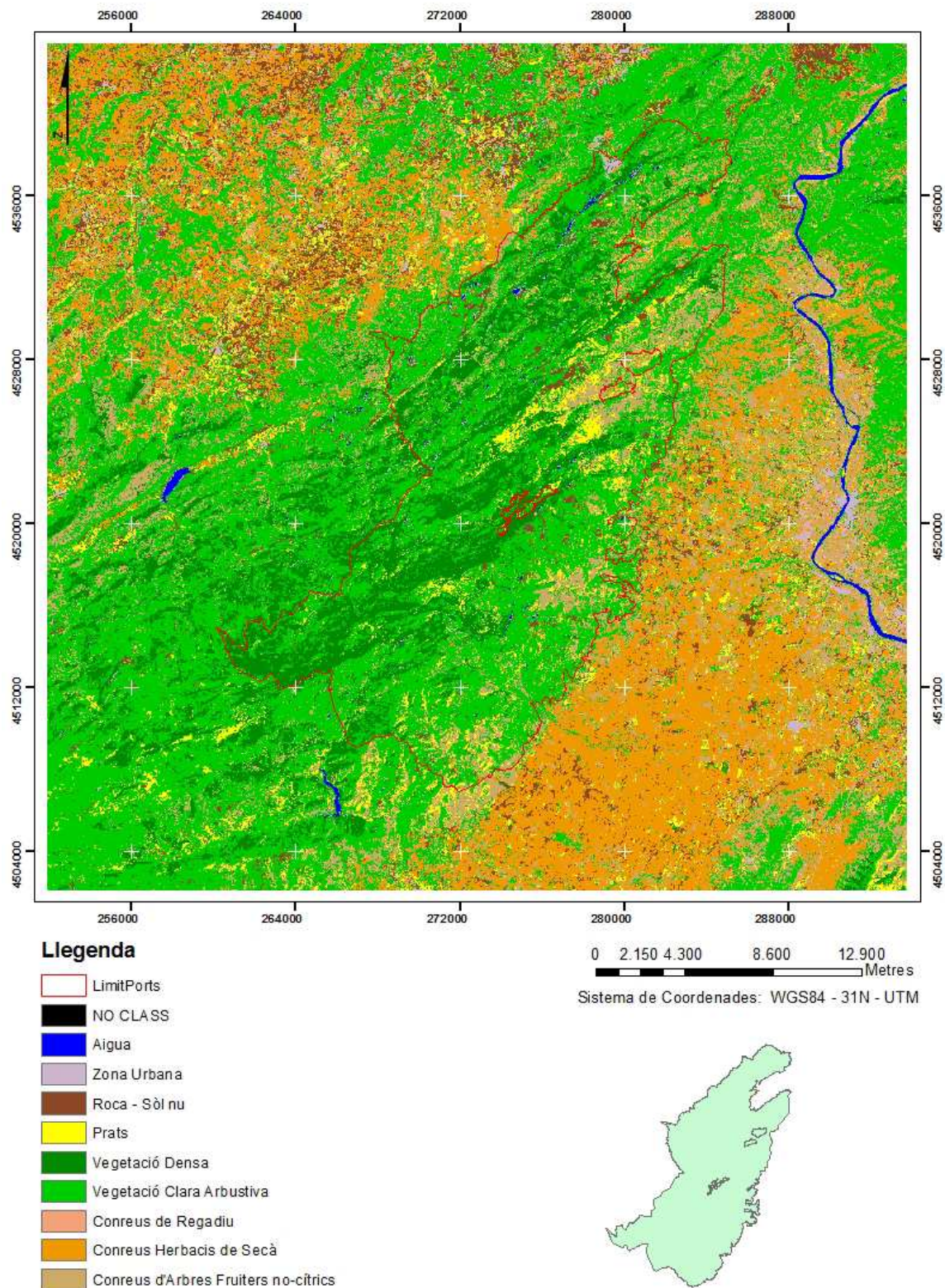


Figura 7.9 - Classificació de la imatge de 1987 sense la banda 1 i 2 i afegint el NDVI com a banda

7.4.4 CLASSIFICACIÓ DE LA IMATGE DEL 1987 AFEGINT NDVI I EXCLOENT LES BANDES 1, 2 i 6

Imatge corregida radiomètricament i classificada pel mètode de màxima versemblança amb totes les seves bandes excepte la 1, 2 i 6, en el lloc d'aquestes afegirem el NDVI com una banda més. Figura 7.10:

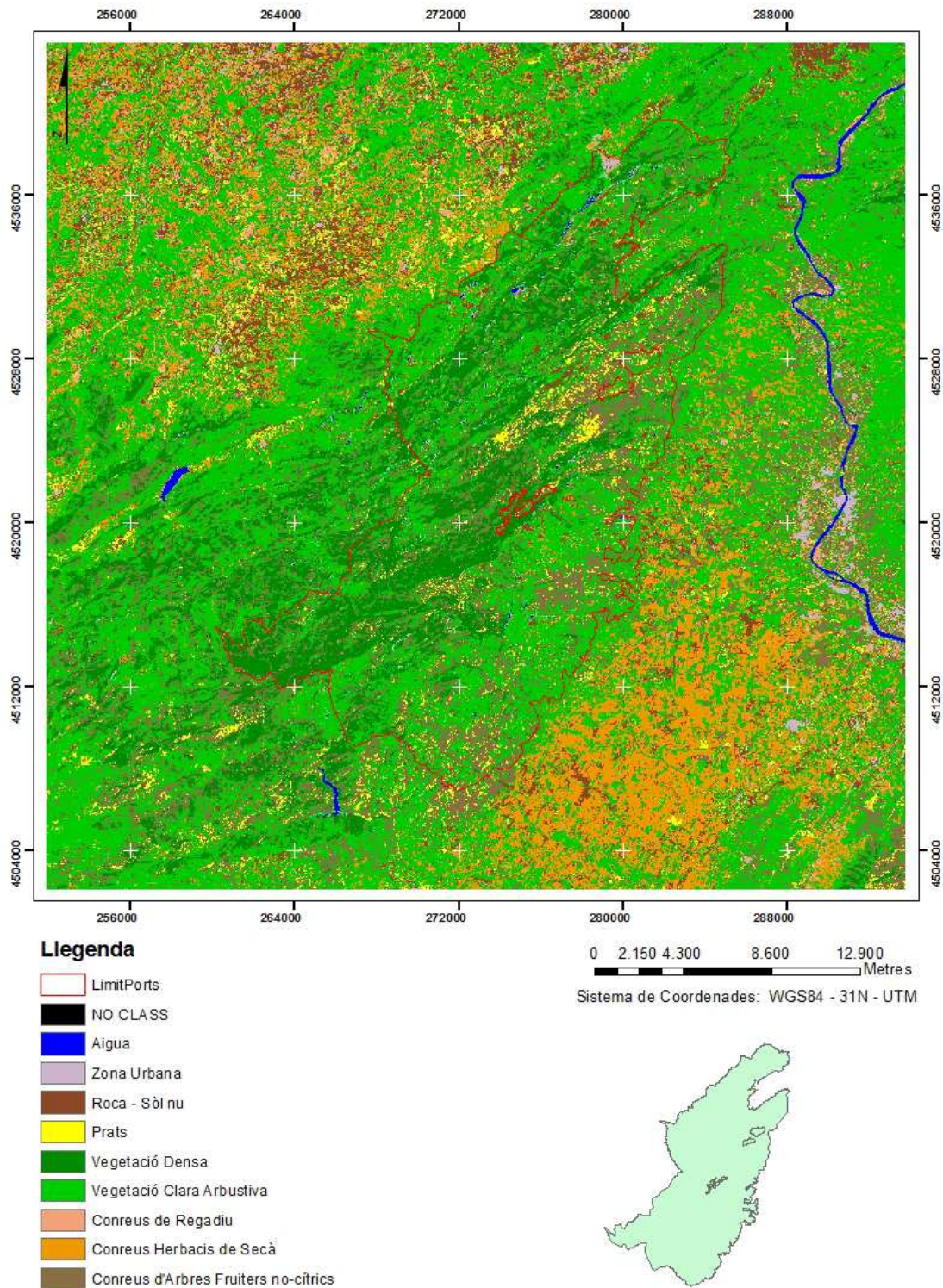


Figura 7.10 - Classificació de la imatge de 1987 sense la banda 1, 2 i 6 i afegint el NDVI com a banda

Estudi dels mètodes de classificació d'imatges i evolució dels usos del sòl en l'àmbit del Parc Natural dels Ports des de l'any 1987 fins al 2015

Taula 17 – Resum de la matriu de confusió resultant al incloure l'NDVI

Overall Accuracy = (9059/9687) 93.5171%
Kappa Coefficient = 0.9271

Class	Ground Truth (Pixels)					Commission (Pixels)	Omission (Pixels)
Unclassified	0	0	0	0	0	0/1198	0/1198
Aigua [Blue]	1198	0	0	0	0	119/1022	124/1027
Prats [Yellow]	0	903	0	0	0	6/1032	102/1128
Zona urbana [	0	0	1026	4	0	111/1081	13/983
Roca-Sòl nu [	0	2	53	970	0	25/1083	1/1059
Vegetació Den	0	24	0	0	1058	101/1090	66/1055
Vegetació Cla	0	0	1	3	1	62/988	202/1128
Conreus Regad	0	62	0	0	0	127/1051	112/1036
Conreus Secà	0	36	0	1	0	77/1142	8/1073
Conreus Arbres	0	0	48	5	0		
Total	1198	1027	1128	983	1059		

Class	Ground Truth (Pixels)					Prod. Acc. (Pixels)	User Acc. (Pixels)
Unclassified	0	0	0	0	0	1198/1198	1198/1198
Aigua [Blue]	0	0	0	0	1198	903/1022	903/1022
Prats [Yellow]	0	118	1	0	1022	1026/1128	1026/1032
Zona urbana [	1	0	0	1	1032	970/983	970/1081
Roca-Sòl nu [	56	0	0	0	1081	1058/1059	1058/1083
Vegetació Den	1	0	0	0	1083	989/1055	989/1090
Vegetació Cla	989	0	94	2	1090	926/1128	926/988
Conreus Regad	0	926	0	0	988	924/1036	924/1051
Conreus Secà	1	84	924	5	1051	1065/1073	1065/1142
Conreus Arbres	7	0	17	1065	1142		
Total	1055	1128	1036	1073	9687		

Taula 18 - Resum de la matriu de confusió resultant al incloure l'NDVI i exclouent la Banda 6

Overall Accuracy = (8656/9687) 89.3569%
Kappa Coefficient = 0.8802

Class	Ground Truth (Pixels)					Commission (Pixels)	Omission (Pixels)
Unclassified	0	0	0	0	0	0/1197	1/1198
Aigua [Blue]	1197	0	0	0	0	138/1027	138/1027
Prats [Yellow]	0	889	0	0	0	18/1035	111/1128
Zona urbana [	1	0	1017	5	0	112/1078	17/983
Roca-Sòl nu [	0	2	69	966	0	21/1079	1/1059
Vegetació Den	0	20	0	0	1058	450/1422	83/1055
Vegetació Cla	0	0	1	4	1	69/974	223/1128
Conreus Regad	0	69	0	0	0	132/768	400/1036
Conreus Secà	0	47	0	0	0	91/1107	57/1073
Conreus Arbres	0	0	41	8	0		
Total	1198	1027	1128	983	1059		

Class	Ground Truth (Pixels)					Prod. Acc. (Pixels)	User Acc. (Pixels)
Unclassified	0	0	0	0	0	1197/1198	1197/1197
Aigua [Blue]	0	0	0	0	1197	889/1027	889/1027
Prats [Yellow]	0	138	0	0	1027	1017/1128	1017/1035
Zona urbana [	2	0	0	10	1035	966/983	966/1078
Roca-Sòl nu [	41	0	0	0	1078	1058/1059	1058/1079
Vegetació Den	1	0	0	0	1079	972/1055	972/1422
Vegetació Cla	972	0	397	47	1422	905/1128	905/974
Conreus Regad	0	905	0	0	974	636/1036	636/768
Conreus Secà	0	85	636	0	768	1016/1073	1016/1107
Conreus Arbres	39	0	3	1016	1107		
Total	1055	1128	1036	1073	9687		

Taula 19 - Resum de la matriu de confusió resultant al incloure l'NDVI i exclouent la Banda 1, 2 i 6

Overall Accuracy = (8453/9687) 87.2613%
Kappa Coefficient = 0.8567

Class	Ground Truth (Pixels)					Commission (Pixels)	Omission (Pixels)
Unclassified	0	0	0	0	0	0/1197	1/1198
Aigua [Blue]	1197	0	0	0	0	149/1031	145/1027
Prats [Yellow]	0	882	0	0	0	83/1086	125/1128
Zona urbana [	1	0	1003	2	0	131/1106	8/983
Roca-Sòl nu [	0	2	103	975	0	21/1079	1/1059
Vegetació Den	0	20	0	0	1058	530/1469	116/1055
Vegetació Cla	0	1	1	5	1	60/956	232/1128
Conreus Regad	0	60	0	0	0	145/733	448/1036
Conreus Secà	0	62	0	0	0	115/1030	158/1073
Conreus Arbres	0	0	21	1	0		
Total	1198	1027	1128	983	1059		

Class	Ground Truth (Pixels)					Prod. Acc. (Pixels)	User Acc. (Pixels)
Unclassified	0	0	0	0	0	1197/1198	1197/1197
Aigua [Blue]	0	0	0	0	1197	882/1027	882/1031
Prats [Yellow]	0	149	0	0	1031	1003/1128	1003/1086
Zona urbana [	0	0	0	80	1086	975/983	975/1106
Roca-Sòl nu [	24	0	0	2	1106	1058/1059	1058/1079
Vegetació Den	1	0	0	0	1079	939/1055	939/1469
Vegetació Cla	939	0	446	76	1469	896/1128	896/956
Conreus Regad	0	896	0	0	956	588/1036	588/733
Conreus Secà	0	83	588	0	733	915/1073	915/1030
Conreus Arbres	91	0	2	915	1030		
Total	1055	1128	1036	1073	9687		

Taula 20 - Resum de la matriu de confusió resultant al incloure l'NDVI i exclouent la Banda 1 i 2

Overall Accuracy = (9021/9687) 93.1248%									
Kappa Coefficient = 0.9226									
Ground Truth (Pixels)									
Class	Aigua	Prats	Zona Urbana	Roca Sol	nuVegetació	Den	Commission (Pixels)	Omission (Pixels)	
Unclassified	0	0	0	0	0	0	0/1197	1/1198	
Aigua [Blue]	1197	0	0	0	0	0	138/1039	126/1027	
Prats [Yellow]	0	901	0	0	0	0	14/1040	102/1128	
Zona urbana [	1	0	1026	2	0	0	131/1107	7/983	
Roca-Sol nu [	0	2	74	976	0	0	25/1083	1/1059	
Vegetació Den	0	24	0	0	1058	0	104/1084	75/1055	
Vegetació Cla	0	0	1	4	1	0	64/972	220/1128	
Conreus Regad	0	64	0	0	0	0	127/1044	119/1036	
Conreus Secà	0	36	0	1	0	0	63/1121	15/1073	
Conreus Arbres	0	0	27	0	0	0			
Total	1198	1027	1128	983	1059				
Ground Truth (Pixels)									
Class	Vegetació	ClaConreus	RegadiConreus	HerbacConreus	Arbres	Total	Prod. Acc. (Pixels)	User Acc. (Pixels)	
Unclassified	0	0	0	0	0	0	1197/1198	1197/1197	
Aigua [Blue]	0	0	0	0	0	1197	901/1027	901/1039	
Prats [Yellow]	1	137	0	0	0	1039	1026/1128	1026/1040	
Zona urbana [	3	0	0	0	0	1040	976/983	976/1107	
Roca-Sol nu [	54	0	0	0	1	1107	1058/1059	1058/1083	
Vegetació Den	1	0	0	0	0	1083	980/1055	980/1084	
Vegetació Cla	980	0	98	0	0	1084	908/1128	908/972	
Conreus Regad	0	908	0	0	0	972	917/1036	917/1044	
Conreus Secà	1	83	917	6	0	1044	1058/1073	1058/1121	
Conreus Arbres	15	0	21	1058	1121	1121			
Total	1055	1128	1036	1073	9687				

7.4.5 Discussió dels resultats – Presència de l'NDVI i combinació de les bandes 1, 2 i 6

Comparant les classificacions de 1987 amb les combinacions de bandes que inclouen el NDVI com una més, sembla que segueix afirmant-se que és millor conservar la Banda 6, i que en tots els casos les bandes 1 i 2 tampoc és convenient elidir-les com podem veure a la següent taula (Taula 21) que resumeix els resultats de la Fiabilitat Global i la Kappa de cada cas:

Combinació de bandes	Fiabilitat Global	Kappa
1987 + NDVI	93,5171	0,9271
1987 + NDVI – B6	89,3569	0,8802
1987 + NDVI – B1 i B2	93,1248	0,9226
1987 + NDVI – B1, B2 i B6	87,2613	0,8567

Taula 21- Resum dels resultats de les matrius de confusió que inclouen l'NDVI

Veiem que no afecta tant elidir les bandes 1 i 2 com la 6. Sense les dues primeres el resultat, tot i que inferior, segueix sent semblant al millor aconseguit, mentre que eliminant el tèrmic el valor dels dos factors de fiabilitat descendeixen considerablement.

Si s'analitzen les matrius de confusió obtingudes fins ara veiem que:

- La imatge de 1987 amb totes les seves bandes respecte a la de 1987 amb totes les seves bandes i el NDVI afegit (Taula 17), presenta uns resultats més favorables en totes les classes excepte en Prats i Vegetació densa, que acumulen en la diagonal de la matriu un nombre de píxels més elevat, per tant incloure el NDVI disminueix el nostre grau d'incert.
- La imatge de 1987 sense la banda 6 i la mateixa integrant el NDVI (Taula 18) mostren resultats més favorables en la vegetació sana en el primer cas, i en la resta dels usos en la segona combinació de bandes.

- En les imatges que inclouen en NDVI però exclouen les bandes 1 i 2 com veiem a la Taula 20, el fet de eliminar també la banda 6 (Taula 19) suposa una davallada en els valors de la diagonal de la matriu, com s'ha dit abans, però la més significativa per als conreus de secà.

El procés correcte i que ofereix millors resultats és el que conserva la banda 6.

Per corroborar que es verídic que la absència de la banda 6 empitjora els resultats, en la imatge del 2015 es repetirà el procés d'afegir i eliminar la banda esmenada; en cas afirmatiu, conclourem que conservar dita banda serà favorable, si no, més endavant es redactarà una conclusió conseqüentment als resultats obtinguts.

A continuació, i com s'ha descrit a l'apartat de metodologia, es procedirà a aplicar la mateixa metodologia i processos amb la imatge del 2015.

7.5 CLASSIFICACIÓ DE LA IMATGE DE 2015

7.5.1 CLASSIFICACIÓ PEL MÈTODE DE MÀXIMA VERSEMBLANÇA

Imatge del 2015 (Landsat 8) classificada pel mètode de màxima versemblança amb totes les seves bandes correlacionades amb les del Landsat5. Figura 7.11:

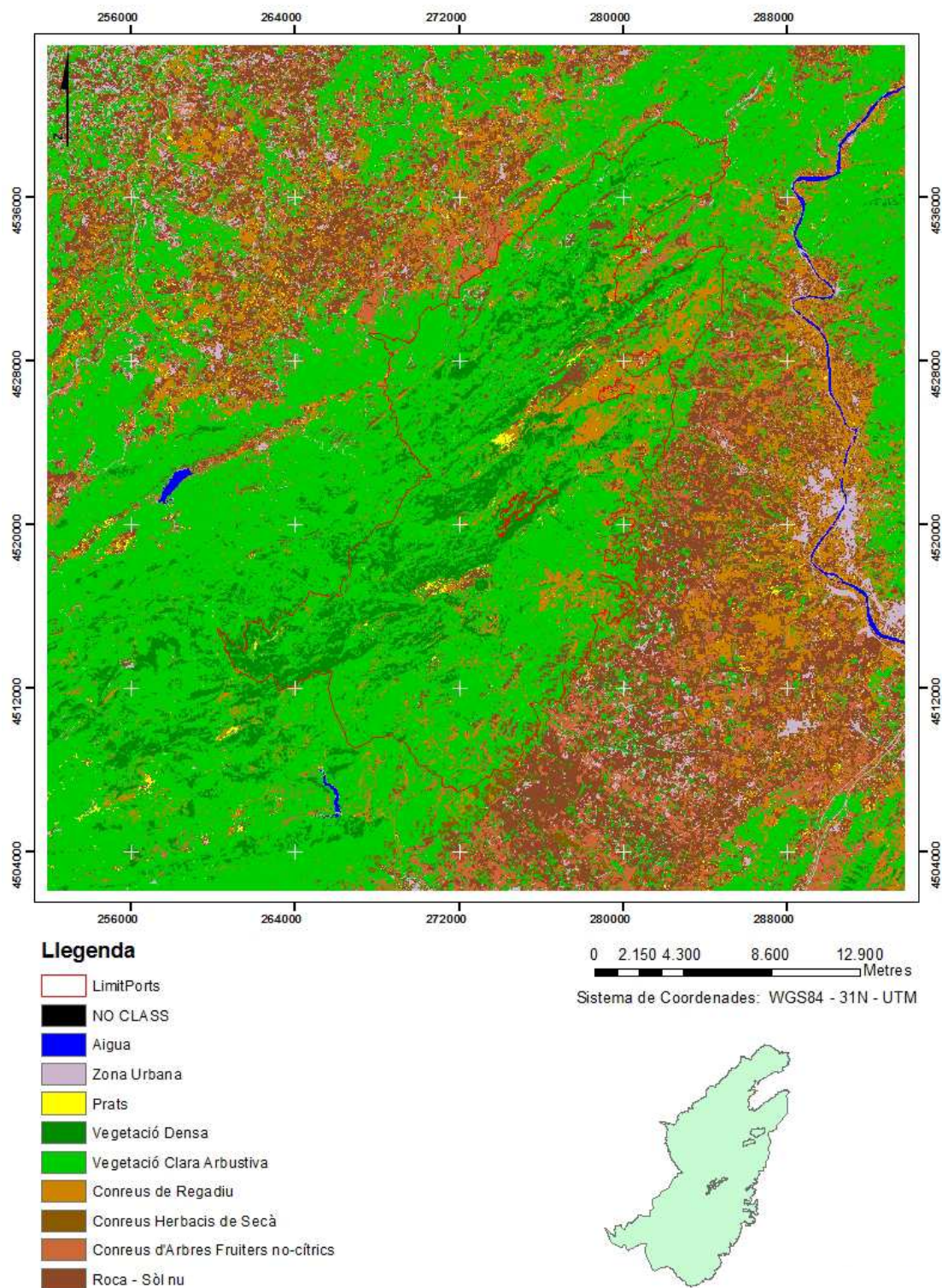


Figura 7.11 - Classificació de la imatge de 2015 amb totes les seves bandes

7.5.2 CLASSIFICACIÓ DE LA IMATGE DE 2015 SENSE LA BANDA 10

Imatge del 2015 classificada pel mètode de màxima versemblança amb totes les seves bandes correlacionades amb les del Landsat 5 excepte la 10. Figura 7.12:

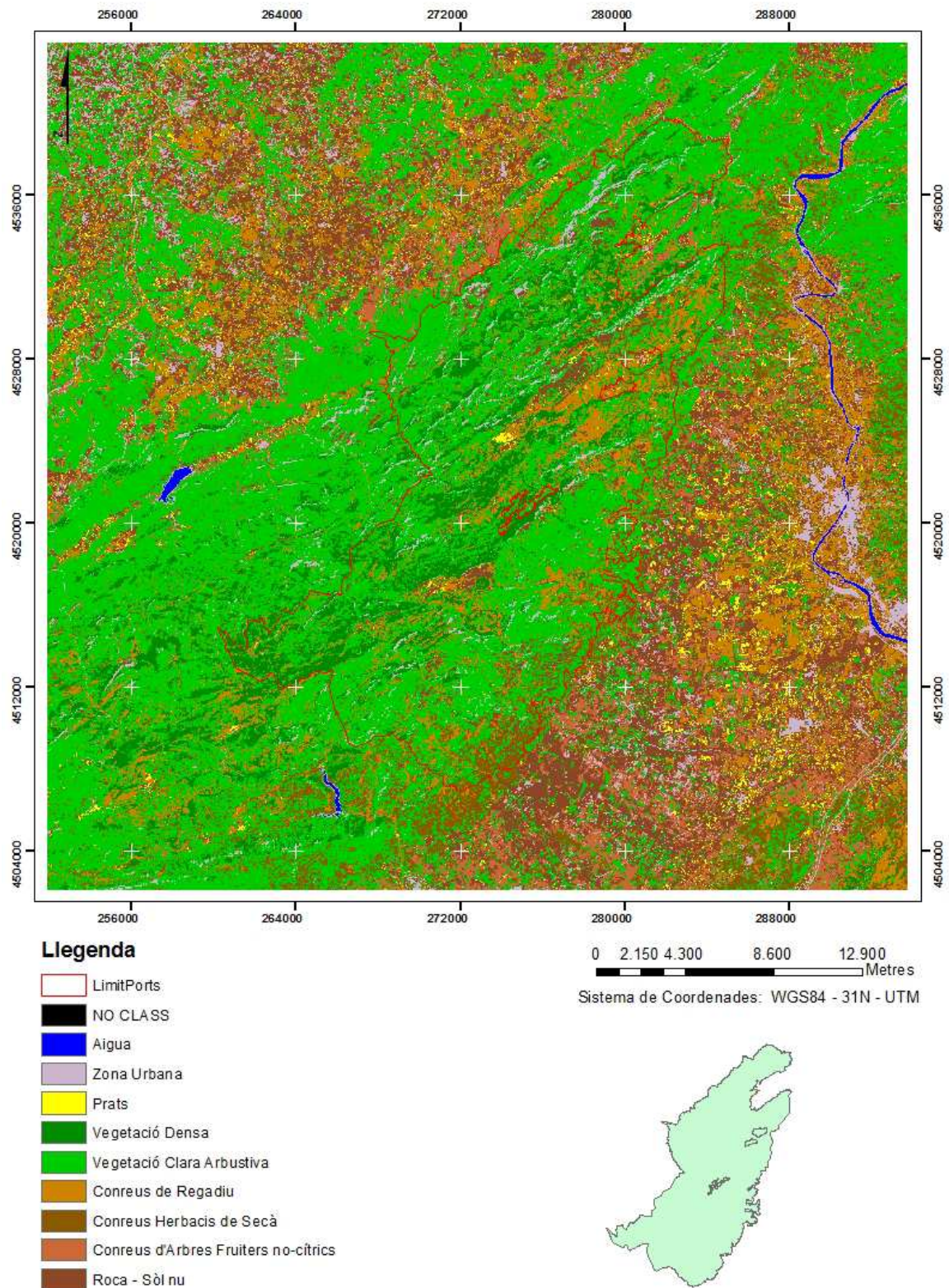


Figura 7.12 - Classificació de la imatge de 2015 sense la banda 10

7.5.3 CLASSIFICACIÓ DE LA IMATGE DE 2015 INCLOENT L'NDVI

Imatge del 2015 classificada pel mètode de màxima versemblança amb totes les seves bandes correlacionades amb les de Landsat 5, afegint l'NDVI. Figura 7.13:

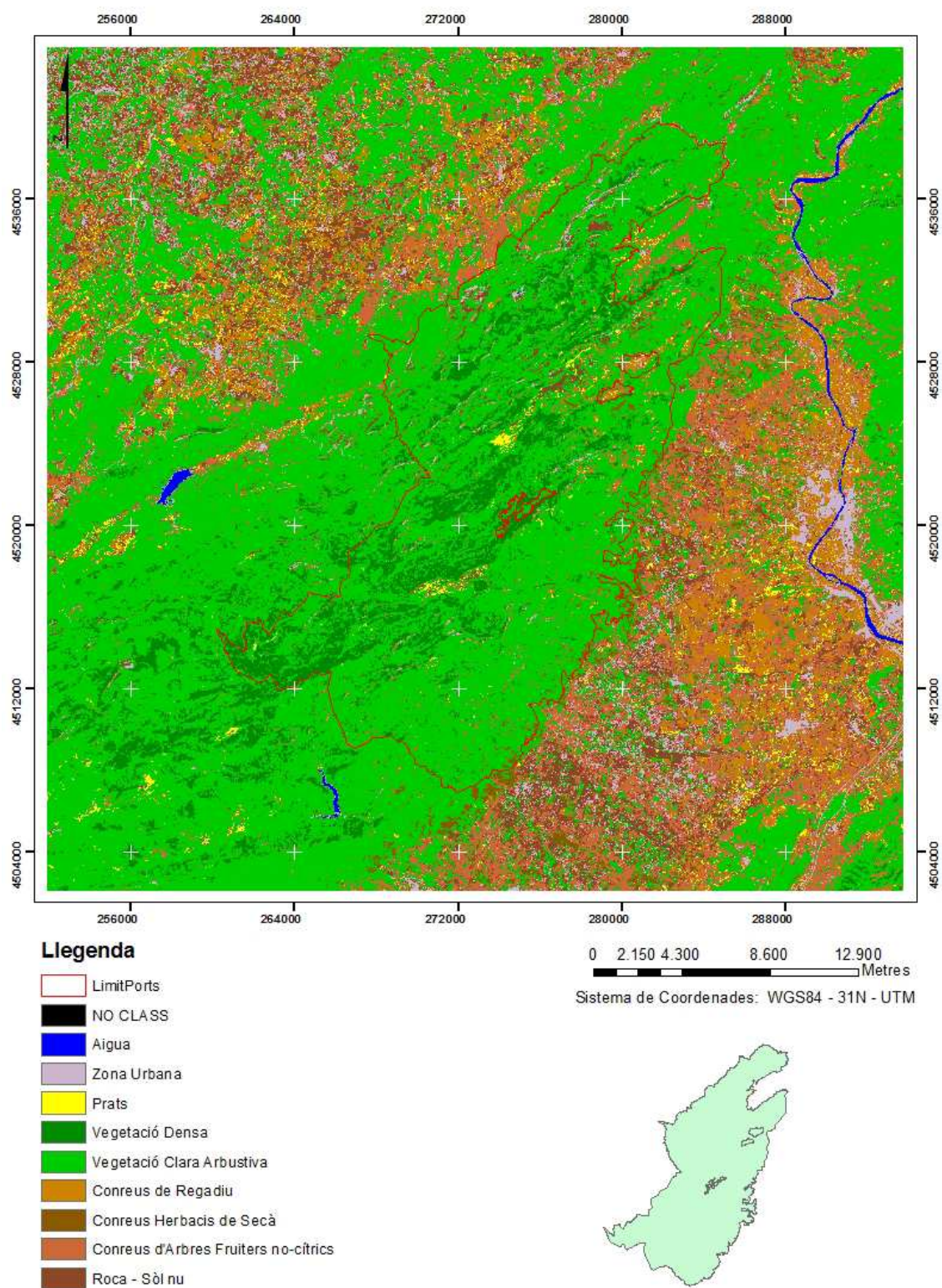


Figura 7.13 - Classificació de la imatge del 2015 amb totes les seves bandes i el NDVI afegit

7.5.4 CLASSIFICACIÓ DE LA IMATGE DE 2015 INCLOENT L'NDVI I EXCLOENT LA BANDA 1 I LA BANDA 2

Imatge del 2015 classificada pel mètode de màxima versemblança prescindint de les bandes 1 i 2, però afegint l'NDVI com a banda addicional. Figura 7.14:

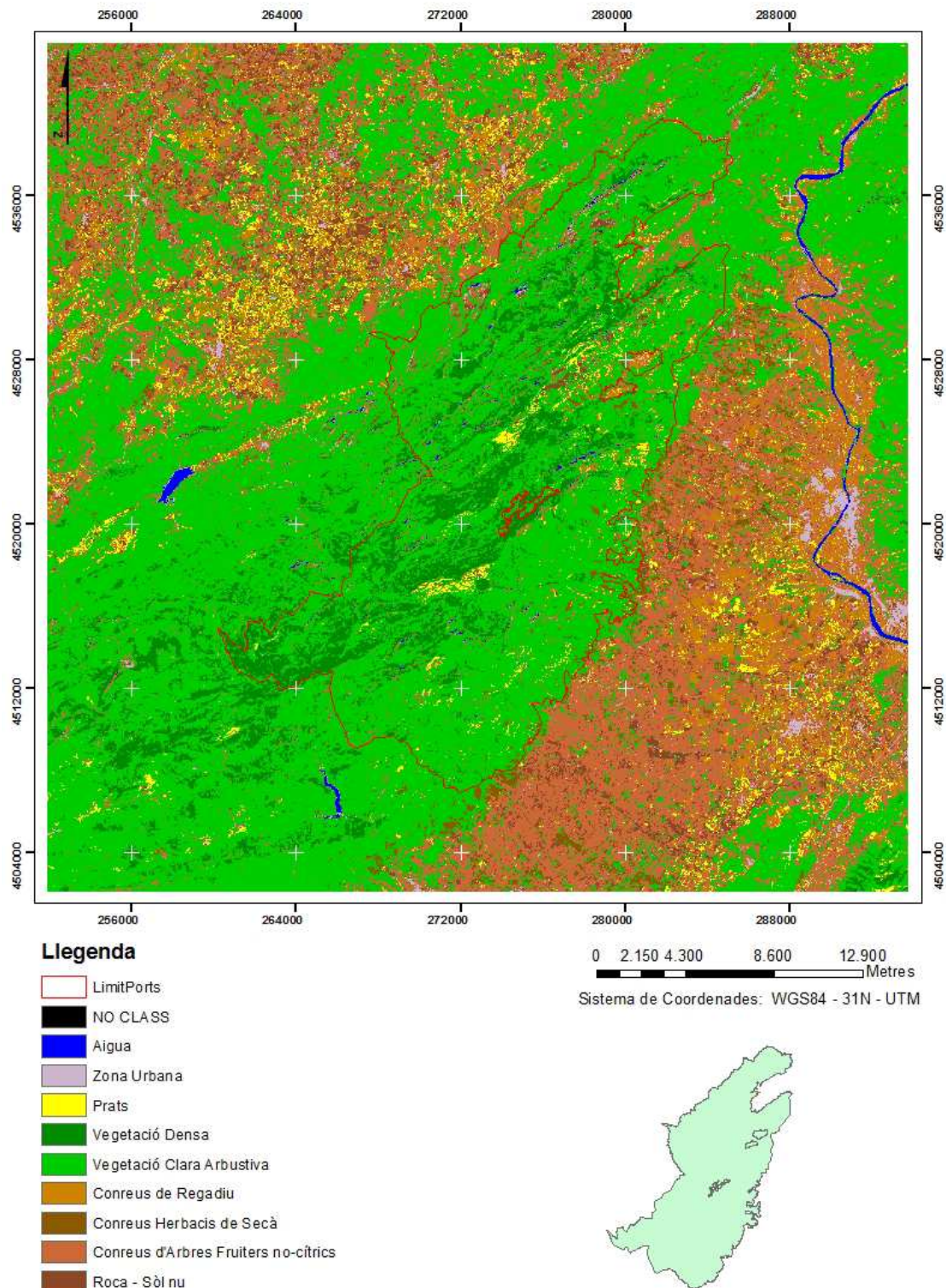


Figura 7.14 - Classificació de la imatge del 2015 sense les bandes 1 i 2 i afegint l'NDVI com a banda

7.5.5 CLASSIFICACIÓ DE LA IMATGE DE 2015 INCLOENT L'NDVI I EXCLOENT LA BANDA 10

Imatge del 2015 classificada pel mètode de màxima versemblança prescindint de la banda 10, però afegint l'NDVI com a banda addicional. Figura 7.15:

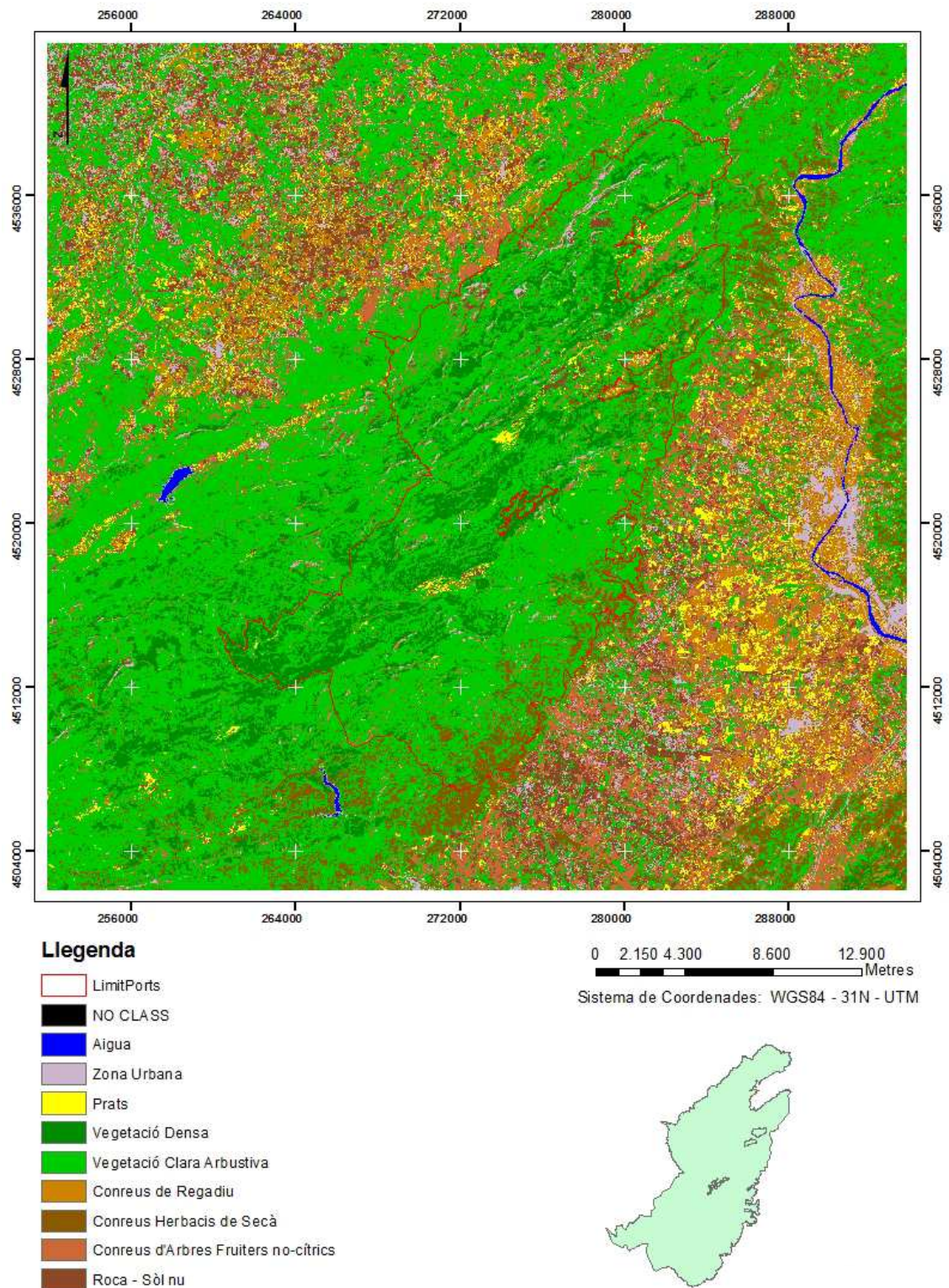


Figura 7.15 - Classificació de la imatge del 2015 prescindint de la banda 10 i afegint l'NDVI

7.5.6 CLASSIFICACIÓ DE LA IMATGE DE 2015 INCLOENT L'NDVI I EXCLOENT LA BANDA 1, LA BANDA 2 I LA BANDA 10

Imatge del 2015 classificada pel mètode de màxima versemblança prescindint de les bandes 1, 2 i 10, però afegint l'NDVI com a banda addicional. Figura 7.16:

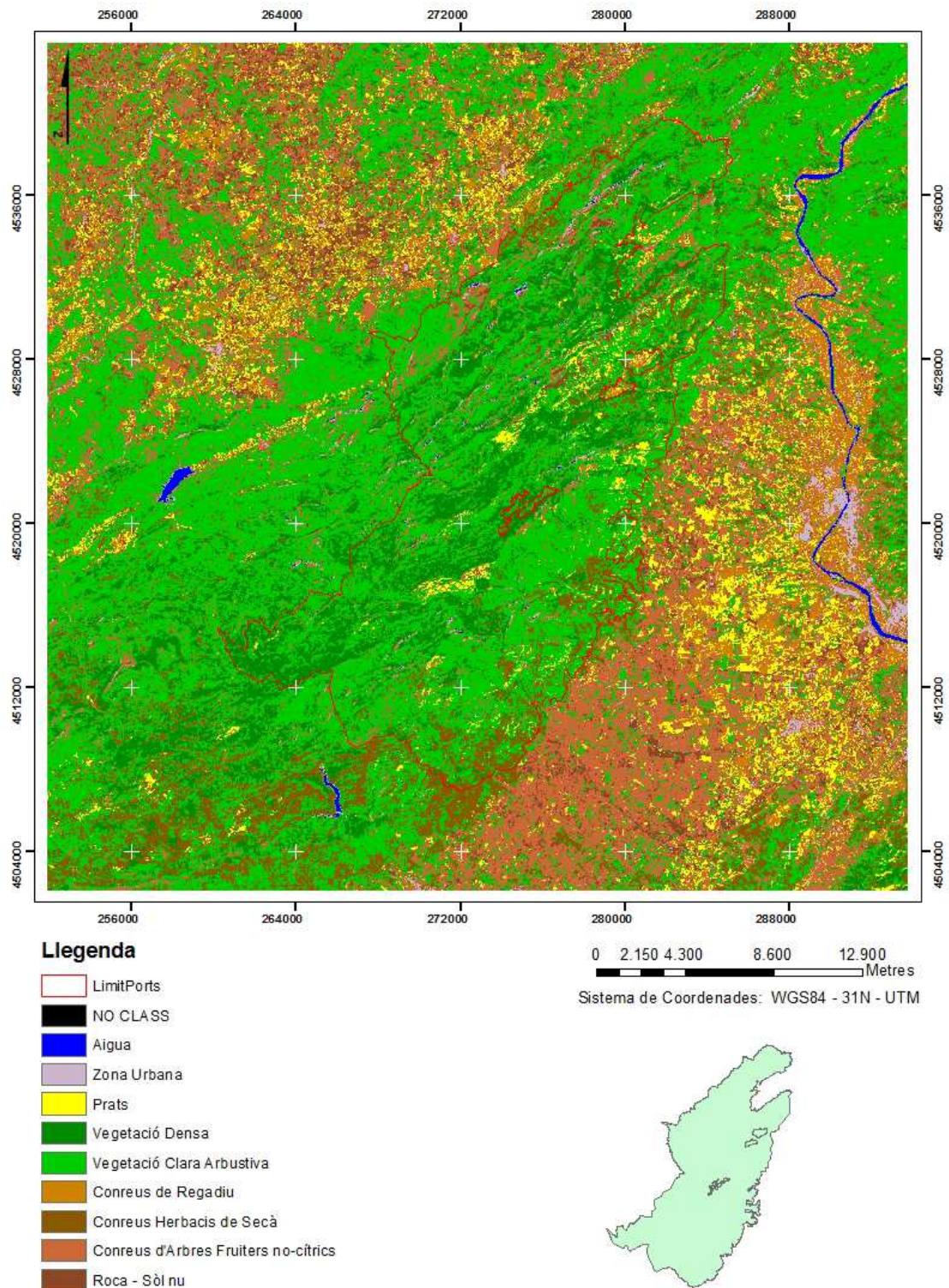


Figura 7.16 - Classificació de la imatge del 2015 sense les bandes 1, 2 i 10 i afegint l'NDVI

Resum de les matrius de confusió de tots els processos aplicats fins ara a la imatge del 2015:

Taula 22 – Classificació de la imatge de 2015 per mètode de màxima versemblança

Overall Accuracy = (4778/5565) 85.8580%
Kappa Coefficient = 0.8408

Class	Ground Truth (Pixels)						
	aigua	zona urbana	roca sol nu	prats	vegetació den	Commission (Pixels)	Omission (Pixels)
Unclassified	0	0	0	0	0	0/681	5/686
Aigua [Blue]	681	0	0	0	0	681/686	681/681
Zona Urbana [	5	609	1	0	0	27/636	7/616
Roca solnu [S	0	7	613	11	0	38/651	5/618
Prats [Yellow	0	0	0	85	0	527/612	43/541
Vegetació den	0	0	0	0	498	105/718	29/642
Vegetació cla	0	0	4	1	13	587/1188	5/606
Conreus regad	0	0	0	515	30	26/498	135/607
Conreus herb	0	0	0	0	0	0/606	31/637
Cnreus arbres	0	0	0	0	0		
Total	686	616	618	612	541		

Class	Ground Truth (Pixels)						
	vegetació	clacnreu	regadiconreus	herbaconreus	arbres	Prod. Acc. (Pixels)	User Acc. (Pixels)
Unclassified	0	0	0	0	0	681/686	681/681
Aigua [Blue]	0	0	0	0	0	609/616	609/636
Zona Urbana [	0	0	0	21	636	613/618	613/651
Roca solnu [S	3	1	7	9	651	85/612	85/89
Prats [Yellow	0	4	0	0	89	498/541	498/498
Vegetació den	0	0	0	0	498	613/642	613/718
Vegetació cla	613	0	85	1	718	601/606	601/1188
Conreus regad	0	601	42	0	1188	472/607	472/498
Conreus herb	26	0	472	0	498	606/637	606/606
Cnreus arbres	0	0	0	606	606		
Total	642	606	607	637	5565		

Taula 23 – Classificació de la imatge de 2015 sense la Banda 10

Overall Accuracy = (4775/5565) 85.8041%
Kappa Coefficient = 0.8402

Class	Ground Truth (Pixels)						
	aigua	zona urbana	roca sol nu	prats	vegetació den	Commission (Pixels)	Omission (Pixels)
Unclassified	0	0	0	0	0	0/681	5/686
Aigua [Blue]	681	0	0	0	0	26/633	9/616
Zona Urbana [	5	607	1	0	0	26/636	6/618
Roca solnu [S	0	7	612	3	0	3/60	55/612
Prats [Yellow	0	0	0	57	0	0/532	9/541
Vegetació den	0	0	0	0	532	115/721	36/642
Vegetació cla	0	0	0	5	0	587/1189	4/606
Conreus regad	0	0	0	552	3	31/503	135/607
Conreus herb	0	0	0	0	0	2/608	31/637
Cnreus arbres	0	2	618	0	0		
Total	686	616	618	612	541		

Class	Ground Truth (Pixels)						
	vegetació	clacnreu	regadiconreus	herbaconreus	arbres	Prod. Acc. (Pixels)	User Acc. (Pixels)
Unclassified	0	0	0	0	0	681/686	681/681
Aigua [Blue]	0	0	0	0	0	607/616	607/633
Zona Urbana [	0	0	0	20	633	612/618	612/638
Roca solnu [S	5	1	0	10	638	57/612	57/60
Prats [Yellow	0	3	0	0	60	532/541	532/532
Vegetació den	0	0	0	0	532	606/642	606/721
Vegetació cla	606	0	103	1	721	602/606	602/1189
Conreus regad	0	602	32	0	1189	472/607	472/503
Conreus herb	31	0	472	0	503	606/637	606/608
Cnreus arbres	0	0	0	606	608		
Total	642	606	607	637	5565		

Taula 24 – Classificació de la imatge de 2015 amb l'NDVI

Overall Accuracy = (4847/5565) 87.0979%
Kappa Coefficient = 0.8548

Class	Ground Truth (Pixels)						
	aigua	zona urbana	roca sol nu	prats	vegetació den	Commission (Pixels)	Omission (Pixels)
Unclassified	0	0	0	0	0	0/681	5/686
Aigua [Blue]	681	0	0	0	0	26/634	8/616
Zona Urbana [	5	608	1	0	0	17/628	7/618
Roca solnu [S	0	7	611	0	0	3/100	515/612
Prats [Yellow	0	0	0	97	0	0/528	13/541
Vegetació den	0	0	0	0	528	113/723	32/642
Vegetació cla	0	0	6	4	13	506/1109	3/606
Conreus regad	0	0	0	506	0	32/535	104/607
Conreus herb	0	0	0	0	0	21/627	31/637
Cnreus arbres	0	1	0	5	0		
Total	686	616	618	612	541		

Class	Ground Truth (Pixels)						
	vegetació	clacnreu	regadiconreus	herbaconreus	arbres	Prod. Acc. (Pixels)	User Acc. (Pixels)
Unclassified	0	0	0	0	0	681/686	681/681
Aigua [Blue]	0	0	0	0	0	608/616	608/634
Zona Urbana [	0	0	0	20	634	611/618	611/628
Roca solnu [S	0	0	0	10	628	97/612	97/100
Prats [Yellow	0	3	0	0	100	528/541	528/528
Vegetació den	0	0	0	0	528	610/642	610/723
Vegetació cla	610	0	89	1	723	603/606	603/1109
Conreus regad	0	603	0	0	1109	503/607	503/535
Conreus herb	32	0	503	0	535	606/637	606/627
Cnreus arbres	0	0	15	606	627		
Total	642	606	607	637	5565		

Estudi dels mètodes de classificació d'imatges i evolució dels usos del sòl en l'àmbit del Parc Natural dels Ports des de l'any 1987 fins al 2015

Taula 25 – Classificació de la imatge de 2015 amb l'NDVI i sense la Banda 1 i 2

Overall Accuracy = (4833/5565) 86.8464%
Kappa Coefficient = 0.8520

		Ground Truth (Pixels)					Commission (Pixels)	Omission (Pixels)
Class		aigua	zona urbana	pratsvegetació	denvegetació	cla		
Unclassified		0	0	0	0	0	0/681	5/686
Aigua [Blue]	681	0	0	0	0	0	33/619	30/616
Zona Urbana [	4	586	0	0	0	0	3/123	492/612
Prats [Yellow]	0	0	120	0	0	0	0/526	15/541
Vegetació den	0	0	0	526	0	0	98/698	42/642
Vegetació cla	0	0	4	15	600	0	483/1086	3/606
Conreus regad	0	0	483	0	0	0	41/557	91/607
Conreus herb	0	0	0	0	41	0	54/644	47/637
Conreus arbres	1	22	5	0	1	0	20/631	7/618
Roca solnu [S	0	8	0	0	0	0		
Total	686	616	612	541	642			

		Ground Truth (Pixels)					Prod. Acc. (Pixels)	User Acc. (Pixels)
Class		conreu regad	conreus herba	conreu arbres	roca sol nu	Total		
Unclassified		0	0	0	0	0	681/686	681/681
Aigua [Blue]	0	0	0	0	0	681	586/616	586/619
Zona Urbana [	0	0	28	1	619	619	120/612	120/123
Prats [Yellow]	3	0	0	0	123	123	526/541	526/526
Vegetació den	0	0	0	0	526	526	600/642	600/698
Vegetació cla	0	66	7	6	698	698	603/606	603/1086
Conreus regad	603	0	0	0	1086	603/606	516/607	516/557
Conreus herb	0	516	0	0	557	590/637	590/644	
Conreus arbres	0	25	590	0	644	611/618	611/631	
Roca solnu [S	0	0	12	611	631			
Total	606	607	637	618	5565			

Taula 26 – Classificació de la imatge de 2015 amb l'NDVI i sense la Banda 10

Overall Accuracy = (4828/5565) 86.7565%
Kappa Coefficient = 0.8509

		Ground Truth (Pixels)					Commission (Pixels)	Omission (Pixels)
Class		aigua	zona urbana	pratsvegetació	denvegetació	cla		
Unclassified		0	0	0	0	0	0/681	5/686
Aigua [Blue]	681	0	0	0	0	0	25/628	13/616
Zona Urbana [	5	683	0	0	0	0	4/83	533/612
Prats [Yellow]	0	0	79	0	0	0	0/533	8/541
Vegetació den	0	0	0	533	0	0	124/735	31/642
Vegetació cla	0	0	4	7	611	0	526/1128	4/606
Conreus regad	0	0	526	0	0	0	32/534	105/607
Conreus herb	0	0	0	1	31	0	10/618	29/637
Conreus arbres	0	6	3	0	0	0	16/625	9/618
Roca solnu [S	0	7	0	0	0	0		
Total	686	616	612	541	642			

		Ground Truth (Pixels)					Prod. Acc. (Pixels)	User Acc. (Pixels)
Class		conreu regad	conreus herba	conreu arbres	roca sol nu	Total		
Unclassified		0	0	0	0	0	681/686	681/681
Aigua [Blue]	0	0	0	0	0	681	603/616	603/628
Zona Urbana [	0	0	19	1	628	628	79/83	79/83
Prats [Yellow]	0	0	0	0	83	83	533/541	533/533
Vegetació den	0	0	0	0	533	533	611/642	611/735
Vegetació cla	0	104	1	8	735	735	602/606	602/1128
Conreus regad	602	0	0	0	1128	602/606	502/607	502/534
Conreus herb	0	592	0	0	534	502/607	608/637	608/618
Conreus arbres	0	1	608	0	618	609/618	609/618	609/625
Roca solnu [S	0	0	9	609	625			
Total	606	607	637	618	5565			

Taula 27 – Classificació de la imatge de 2015 amb l'NDVI i sense la Banda 1, 2 i 10

Overall Accuracy = (4716/5565) 84.7439%
Kappa Coefficient = 0.8283

		Ground Truth (Pixels)					Commission (Pixels)	Omission (Pixels)
Class		aigua	zona urbana	pratsvegetació	denvegetació	cla		
Unclassified		0	0	0	0	0	0/681	5/686
Aigua [Blue]	681	0	0	0	0	0	50/523	143/616
Zona Urbana [	5	473	0	0	0	0	5/127	490/612
Prats [Yellow]	0	0	122	0	0	0	0/533	8/541
Vegetació den	0	0	0	533	0	0	97/697	42/642
Vegetació cla	0	0	3	8	600	0	482/1083	5/606
Conreus regad	0	0	482	0	0	0	41/569	79/607
Conreus herb	0	0	0	1	0	40	151/720	68/637
Conreus arbres	0	135	4	0	0	2	23/632	9/618
Roca solnu [S	0	8	0	0	0	0		
Total	686	616	612	541	642			

		Ground Truth (Pixels)					Prod. Acc. (Pixels)	User Acc. (Pixels)
Class		conreu regad	conreus herba	conreu arbres	roca sol nu	Total		
Unclassified		0	0	0	0	0	681/686	681/681
Aigua [Blue]	0	0	0	0	0	681	473/616	473/523
Zona Urbana [	0	0	44	1	523	523	122/612	122/127
Prats [Yellow]	5	0	0	0	127	127	533/541	533/533
Vegetació den	0	0	0	0	533	533	600/642	600/697
Vegetació cla	0	69	9	8	697	601/606	601/1083	601/1083
Conreus regad	601	0	0	0	1083	528/607	569/637	569/720
Conreus herb	0	528	0	0	569	609/618	609/618	609/632
Conreus arbres	0	10	569	0	720			
Roca solnu [S	0	0	15	609	632			
Total	606	607	637	618	5565			

7.5.7 Discussió dels resultats – Presència de la banda 10

En la matriu de confusió, els valors de la diagonal per al valor dels prats es concentren en la classe de camps de regadiu intensiu, i que conseqüentment reflexa en la cartografia situant prats en zones de conreu. Tot i aquest error, que s'ha intentat corregir sense èxit modificant les àrees d'entrenament per dur a terme la classificació (per tant es sospita que el problema estigui en les àrees d'entrenament necessàries per generar les matrius de confusió), si seguim comparant, veiem que la fiabilitat global amb la banda 10 és d'un **85'8580%** d'encert i la kappa de **0'8408**, mentre que en absència d'aquesta, la fiabilitat global gairebé s'equipara amb un **85'8041%** i la kappa a **0'8402**. Pel que concloem que, treballant només amb les bandes que ens aporta el Landsat, és preferible incloure-les totes a l'hora de classificar la imatge. El principal inconvenient que veiem a primer cop d'ull comparant els mapes temàtics de les classificacions de la imatge de 2015 amb totes les seves bandes i sense la banda 6 és a l'hora de classificar els prats. Podem confirmar-ho

Ara bé, incloent l'NDVI obtenim uns resultats ben curiosos, amb els mateixos processos que hem aplicat a la imatge de 1987, veiem que aquest cop la imatge es comporta d'una manera diferent. S'ha fet una taula per comparar millor tots els resultats (Taula 28):

COMBINACIÓ DE BANDES DE LA CLASSIFICACIÓ 2015	Fiabilitat Global	Kappa
B1+B2+B3+B4+B5+B10+B7	85,8580	0,8580
B1+B2+B3+B4+B5+B7	85,8041	0,8402
B1+B2+B3+B4+B5+B10+B7+NDVI	87,0979	0,8548
B1+B2+B3+B4+B5+B7+NDVI	86,8464	0,8520
B3+B4+B5+B10+B7+NDVI	86,7565	0,8509
B3+B4+B5+B7+NDVI	84,7439	0,8283

Taula 28 - Resultats de les Matrius de Confusió de les diverses classificacions de la imatge del 2015

Com podem veure, el més favorable sembla ser una combinació que inclogui totes les bandes, esmentant també l'NDVI, en el cas que ens fixem en la Fiabilitat Global (**87'0979%**), però si deixem que intervingui l'atzar el l'algoritme de classificació de les imatges i, per tant, ens fixem en la Kappa de Cohen, el més favorable és treballar amb totes les bandes que el Landsat posa a la nostra disposició sense incloure l'NDVI (**0,8580**).

El criteri aplicat és veu condicionat pel fet de tenir en compte o no el factor de l'atzar, una variable que estadísticament no s'ha considerat fiable en aquest cas. Sen pràctics, es destacarà el resultat més senzill, la classificació que presenti una fiabilitat global més alta: **La combinació de totes les bandes inclòs l'NDVI.**

7.6 EVOLUCIÓ DELS SÒLS. COMPARATIVA ENTRE LES CLASSIFICACIONS DE 1987 i 2015.

Combinació analítica de les imatges del 2015 respecte de l'any 1987 classificades pel millor mètode contrastat en el cos del projecte: Figura 7.17:

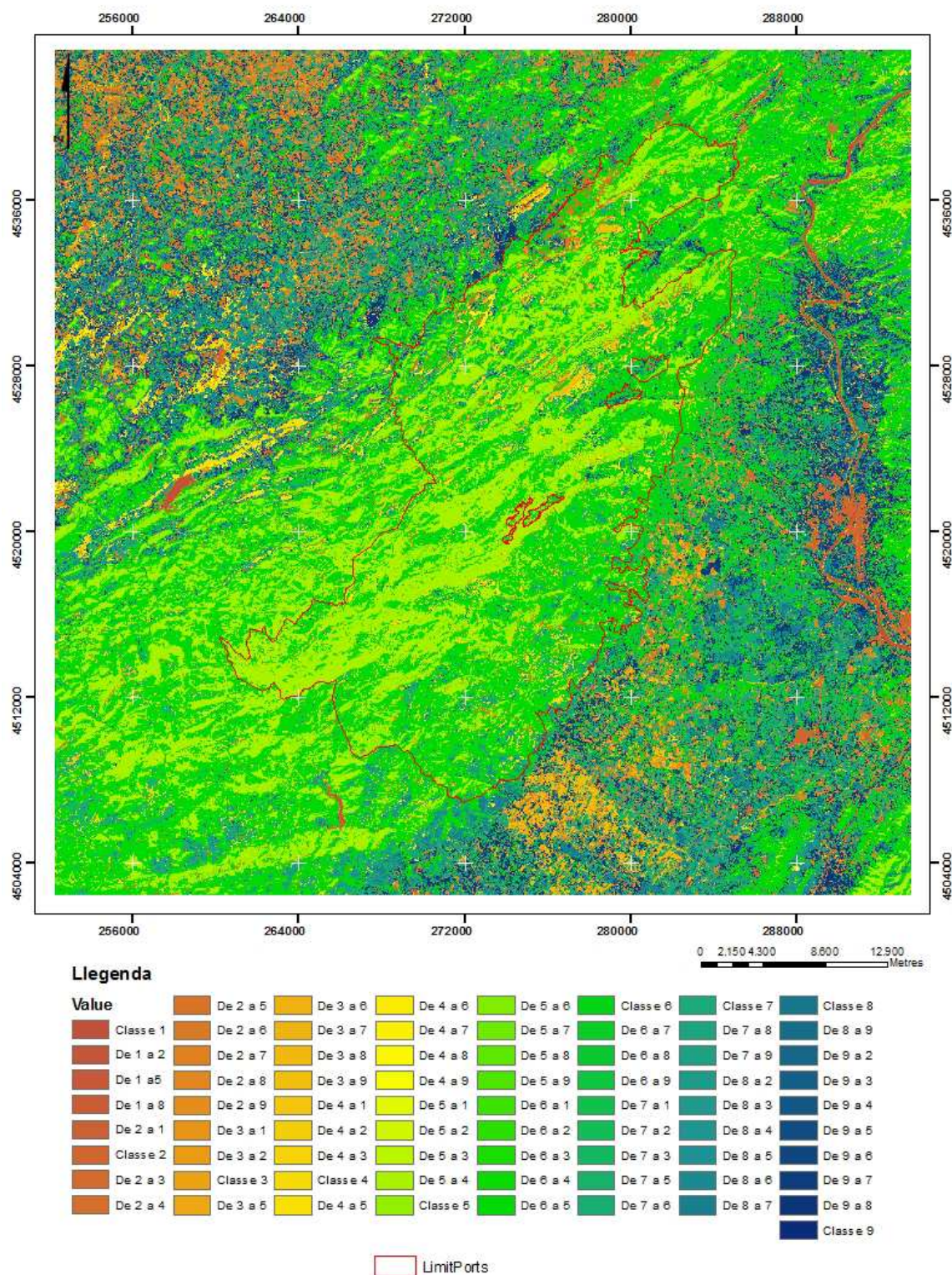


Figura 7.17 - Combinació Analítica de les capes de 1987 i 2015

A continuació s'adjunta una combinació analítica con s'han simplificat les classificacions en tipus i canvis dels tipus per que sigui més fàcil d'interpretar a trets generals. Figura 7.18:

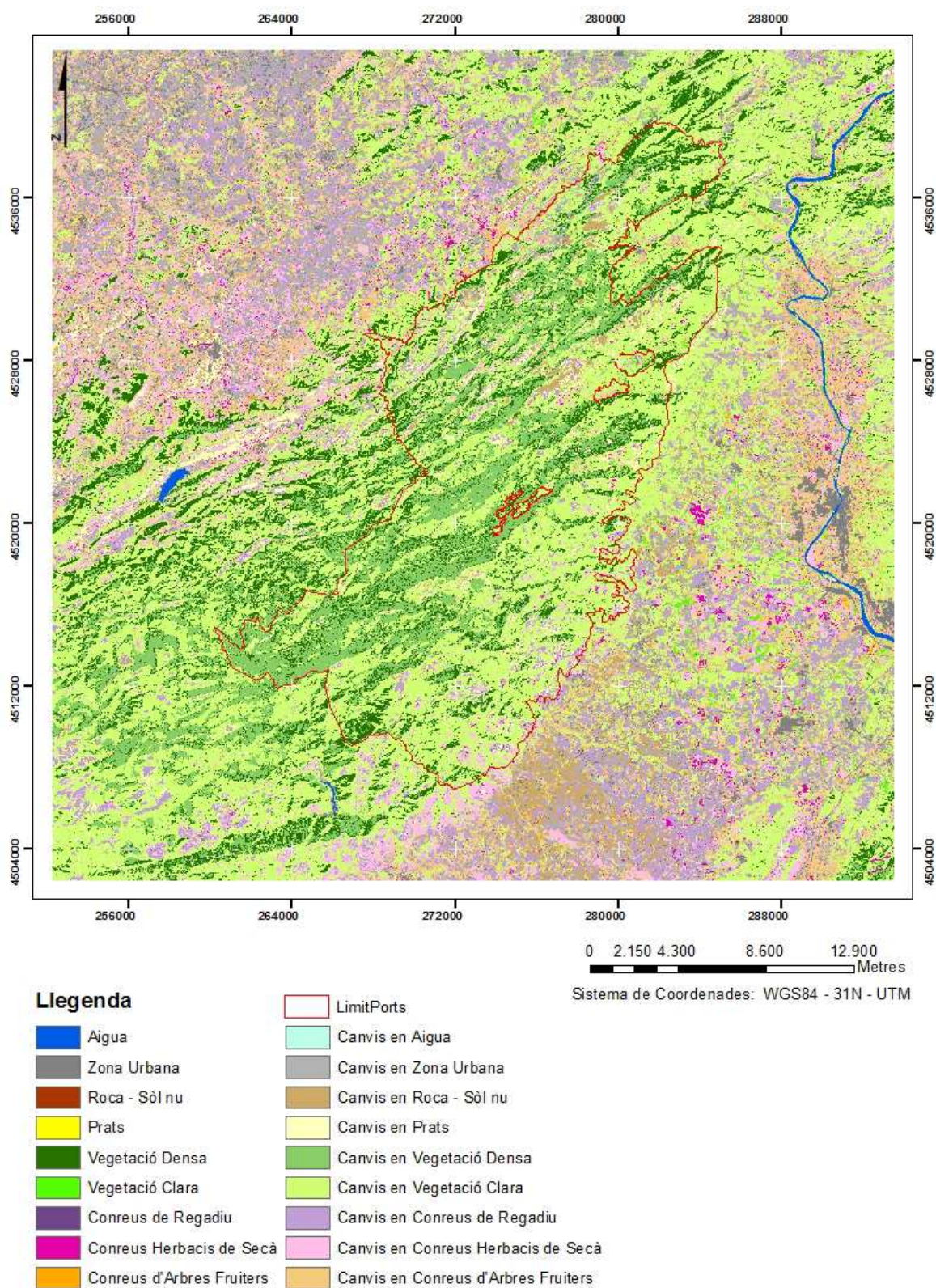


Figura 7.18 - Combinació Analítica de les capes de 1987 i 2015 simplificada

Estudi dels mètodes de classificació d'imatges i evolució dels usos del sòl en l'àmbit del Parc Natural dels Ports des de l'any 1987 fins al 2015

Combinació de la capa "C:\Users\diego\Desktop\retall1987.img" (columnes)
contra la capa "C:\Users\diego\Desktop\retall2015.img" (files)

Taula de freqüència d'ocurrències (cel·les)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Total
1	5590	507	22	5	57	9	3	0	0	6193
2	406	44313	7400	508	2240	6103	10825	1070	10599	83464
3	0	1865	608	3402	2	7120	13524	4763	3158	34442
4	0	20	0	94	127919	4602	0	17	130	132782
5	19	32382	4950	37365	169593	581429	45290	70562	77381	1018971
6	0	4250	680	3230	145	14866	21613	40506	18460	103750
7	0	166	31	516	7	11024	1192	9696	1997	24629
8	134	45813	5936	6169	7664	76750	63219	18804	89784	314273
9	0	56500	28700	4347	2	7991	43642	3751	6529	151462
Total	6149	185816	48327	55636	307629	709894	199308	149169	208038	1869966

La capa "C:\Users\diego\Desktop\retall1987.img" no té categories definides
-2147483648 : NODATA->none

La capa "C:\Users\diego\Desktop\retall2015.img" no té categories definides
-2147483648 : NODATA->none

Taula de percentatge de "C:\Users\diego\Desktop\retall1987.img" sobre "C:\Users\diego\Desktop\retall2015.img" (%)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	90.9	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2	6.6	23.8	15.3	0.9	0.7	0.9	5.4	0.7	5.1
3	0.0	1.0	1.3	6.1	0.0	1.0	6.8	3.2	1.5
4	0.0	0.0	0.0	0.2	41.6	0.6	0.0	0.0	0.1
5	0.3	17.4	10.2	67.2	55.1	81.9	22.7	47.3	37.2
6	0.0	2.3	1.4	5.8	0.0	2.1	10.8	27.2	8.9
7	0.0	0.1	0.1	0.9	0.0	1.6	0.6	6.5	1.0
8	2.2	24.7	12.3	11.1	2.5	10.8	31.7	12.6	43.2
9	0.0	30.4	59.4	7.8	0.0	1.1	21.9	2.5	3.1
Total	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0

Taula de percentatge de "C:\Users\diego\Desktop\retall2015.img" sobre "C:\Users\diego\Desktop\retall1987.img" (%)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Total
1	90.3	8.2	0.4	0.1	0.9	0.1	0.0	0.0	0.0	100.0
2	0.5	53.1	8.9	0.6	2.7	7.3	13.0	1.3	12.7	100.0
3	0.0	5.4	1.8	9.9	0.0	20.7	39.3	13.8	9.2	100.0
4	0.0	0.0	0.0	0.1	96.3	3.5	0.0	0.0	0.1	100.0
5	0.0	3.2	0.5	3.7	16.6	57.1	4.4	6.9	7.6	100.0
6	0.0	4.1	0.7	3.1	0.1	14.3	20.8	39.0	17.8	100.0
7	0.0	0.7	0.1	2.1	0.0	44.8	4.8	39.4	8.1	100.0
8	0.0	14.6	1.9	2.0	2.4	24.4	20.1	6.0	28.6	100.0
9	0.0	37.3	18.9	2.9	0.0	5.3	28.8	2.5	4.3	100.0

Figura 7.19 - Informe de la Combinació Analítica entre les capes de 1987 i 2015

7.6.1 Discussió dels resultats – Combinació analítica de les classificacions del 1987 i 2015

El primer abans de començar a comparar, serà deixar clar la interpretació de la combinació analítica (Figura 7.17) i l'informe resultats (Figura 7.19) d'aquesta:

CLASSE	Imatge 1987	Imatge 2015
1	Aigua	Aigua
2	Zona Urbana	Zona Urbana
3	Roca – Sòl nu	Prats
4	Prats	Vegetació Densa
5	Vegetació Densa	Vegetació Clara Arbustiva
6	Vegetació Clara Arbustiva	Conreu Regadiu
7	Conreu Regadiu	Conreu Herbaci secà
8	Conreu Herbaci secà	Conreu Arbres Fruïters
9	Conreu Arbres Fruïters	Roca – Sòl nu

A causa de no haver seguit el mateix ordre a l'hora de definir les àrees d'entrenament ens pot dificultar per una part la discussió dels resultats de la combinació anterior, per això en la taula es defineix la correlació de classes segons la imatge. També ens serà útil saber-ho per entendre l'informe con, en forma de matriu, se'ns mostra quins píxels han passat a formar part d'una classe a una altra i quins s'han mantingut tenint en compte que les columnes pertanyen a la capa del 1987 i les files a la capa del 2015.

Si comencem a analitzar els resultats (cal a dir que remarcarem els resultats en píxels com a unitat per comparar. Per saber l'àrea en metres quadrats només caldrà multiplicar el nombre de píxels per la resolució de cadascun, que recordem que és de 30x30m, es a dir, que cada píxel abasta 900m²), veiem que:

De 6.149 píxels *d'aigua*, 5.590 s'han mantingut com a tal, però 406 han passat a ser zona urbana, 19 a Vegetació Clara i 134 formen part al 2015 de la classe Conreus d'Arbres Fruïters no-cítrics. L'elevat número de canvis per la zona urbana podria donar-se a que alguna població ha edificat endinsant-se al riu o que s'hagi dut a terme algun projecte d'obra com pugui ser la construcció de preses en llacs, ponts en rius, o fins i tot, que s'hagin confós per la classe roca, el que significaria que hi ha hagut assecament en alguna de les zones amb existència d'aigua com podria reflectir-se en la combinació analítica.

Del tipus zona urbana, de 185.186 píxels se n'han mantingut 44.313 però 507 han passat a ser aigua (inundació de poblacions), 1.865 ara són prats (abandonament de parcel·les), 20 són vegetació densa i 32.382 vegetació clara (abandonament o habilitació de zones verdes en nuclis urbans), i que hagin passat a ser conreus trobem que 4.250 són conreus de regadiu, 166 herbacis de secà i 45.813 són conreus d'arbres fruïters. Tots aquests grans canvis, inclús exagerats, podrien donar-se per un error en la classificació de zona urbana per la de roca-sòl nu, ja que és més raonable que un sòl nu s'habiliti per a l'ús de conreus que una zona urbana, un error que també s'ha atribuït en el primer paràgraf a la confusió en la classificació prèvia.

En quant a la classe de Roca i sòl nu, un total de 48.327 píxels dels quals la majoria s'han mantingut (28.700), la major part s'han convertit a zona urbana (7.400 píxels) que es podrien atribuir a la edificació i augment urbà de les poblacions pel creixement demogràfic, una petita part s'han convertit en prats (608 píxels) i vegetació clara (4.950 píxels), possiblement lligat a l'abandonament de la superfície corresponent, la vegetació hagi envaït la zona, i també altres que han passat a ser camps de conreu, zones abandonades o àrees sense propietari que s'han habilitat per dur a terme activitats agrícoles de manera que 680 píxels són conreus de regadiu, 31 són conreus herbacis de secà, i 5.936 són conreus d'arbres fruiters no cítrics. Per últim 22 píxels han passat a ser aigua, segurament degut a la construcció d'embassaments o petits pous situats al quadrant NE de la imatge, a la falta dels Ports.

A l'ús dels prats li corresponen un total de 55.636 píxels, dels quals s'han mantingut 3.402 i 5 han passat a ser aigua (inundació), 508 zona urbana (urbanització), 94 són ara vegetació densa, 37.365 píxels corresponen a vegetació clara arbustiva suposant el major canvi, 4347 de roca (provocat per algun incendi o simplement desaparició de la vegetació degut a l'acció animal o humana en certes zones) i convertits a conreus diversos es diferencien per regadiu 3.230 píxels, 516 per als conreus herbacis de secà i 6.169 per als arbres fruiters essent aquest últim el que més zona de prat ha abastat.

Molta vegetació densa s'ha mantingut, concretament de 307.629 píxels, 127.919 no han sofert cap canvi, la resta s'han repartit en aigua, prats, conreus herbacis de secà i roca (no superant, aquests tres últims, els 7 píxels de nova classe. Podria inclús enfocar-se com un error en la classificació o petits factors que hagin produït dits canvis rellevants). El més significatiu ha estat la dissipació de la vegetació (vegetació clara arbustiva) que representa el major canvi amb uns 169.593 píxels per causes desconegudes. Tot seguit trobem 145 píxels de canvi a conreu de regadiu i 7.664 a conreus d'arbres fruiters per la creació de nous conreus en les petites poblacions rurals.

La classe de vegetació clara potser sigui la que més canvis significatius ha experimentat, el menor ha estat al tipus aigua (9 píxels), seguida de la vegetació densa (4.602), zona urbana (6.103), prats (7.120) i roca i sòl nu (7.991). La major part s'ha transformat en conreus d'arbres fruiters no-cítrics (76.750 píxels), conreus de regadiu (14.866) i conreus herbacis de secà (11.024).

Analitzant els conreus en general, veiem que hi ha hagut una conversió a aigua gairebé ínfima igual que per la vegetació densa, essent el valor més elevat el provinent dels conreus d'Arbres Fruiters (abandonament de la parcel·la de conreu o bé confusió en la classificació); el canvi més significatiu és percep en el canvi a tipus de vegetació clara amb valors 45.290, 70.562 i 77.381 i per a roca amb un canvi de 43.642, 3.751 i 6.529 per a les classes conreu de regadiu, conreus herbacis de secà i arbres fruiters corresponentment (recordem que les unitats són píxels).

Dels camps de regadiu s'han mantingut 21.613 píxels, però han passat a ser herbacis de secà 1.192 i a arbres fruiters 63.719. Dels conreus herbacis de secà es mantenen 9.696 píxels, havent-se convertit 40.506 a conreus de regadiu i 18.804 a conreus

d'arbres fruiters; i d'aquest últim es mantenen en el mateix ús un nombre de 89.784 píxels i 18.460 han passat a ser conreus de regadiu i 1.997 conreus herbacis de secà. En la següent taula (Taula 29) podem veure resumits el total de les superfícies classificades d'una manera quantitativa:

Classe	Suprf. 1987 (px)	Suprf. 1987 (Ha)	Suprf. 2015 (px)	Suprf. 2015 (Ha)
<i>Aigua</i>	6.149	553,4	6193	557,4
<i>Z. Urb.</i>	185.816	16.723,4	83.464	7.511,8
<i>Roca-Sòl nu</i>	48.327	4.349,4	151.462	13.631,6
<i>Prats</i>	55.636	5.007,2	34.442	3.099,8
<i>V. Densa</i>	307.629	27.686,6	132.782	11.950,4
<i>V. Clara</i>	709.894	63.890,5	1.018.971	91.707,4
<i>C. Regadiu</i>	199.308	17.937,7	103.750	9.337,5
<i>C. Herbacis</i>	149.169	13.425,2	24.629	2.216,6
<i>C. Arbres F.</i>	208.038	18.723,4	314.273	28.284,6

Taula 29 - Taula resum de les superfícies pertanyents a cada classe segons l'any en píxels i hectàrees

Però per fer més fàcil l'anàlisi dels canvis, s'han convertit les dades de les superfícies a percentatges (Taula 30) per visualitzar quantitativament els guanys (valors positius) i les pèrdues (valors negatius) i elaborar una gràfica de línies (Figura 7.20 - Gràfica de línies per l'anàlisi de guanys i pèrdues de superfície per cada tipus de sòl) que mostri creixements i decreixements en el total de les àrees de cada tipus:

Classe	Suprf. 1987 (%)	Suprf. 2015 (%)	Diferència
<i>Aigua</i>	0,329	0,331	0,002
<i>Z. Urb.</i>	9,937	4,463	-5,473
<i>Roca-Sòl nu</i>	2,584	8,100	5,515
<i>Prats</i>	2,975	1,842	-1,133
<i>V. Densa</i>	16,451	7,101	-9,350
<i>V. Clara</i>	37,963	54,491	16,528
<i>C. Regadiu</i>	10,658	5,548	-5,110
<i>C. Herbacis</i>	7,977	1,317	-6,660
<i>C. Arbres F.</i>	11,125	16,806	5,681

Taula 30 - Canvis en els usos del sòl en tant per cent i diferència

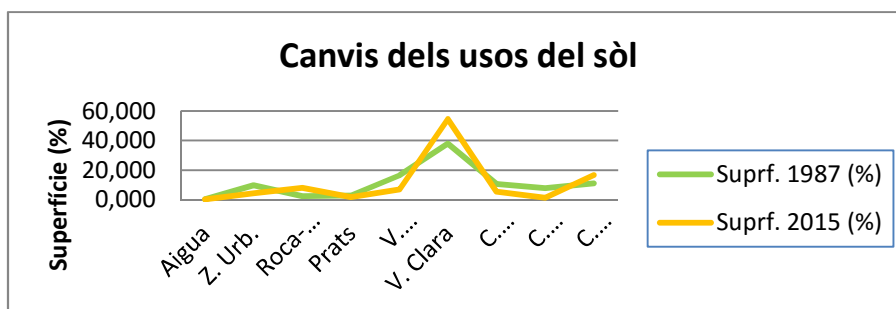


Figura 7.20 - Gràfica de línies per l'anàlisi de guanys i pèrdues de superfície per cada tipus de sòl

La classe que més pèrdues ha tingut ha estat la classe de vegetació densa, seguit dels conreus herbacis de secà, les zones urbanes, els conreus de regadiu i els prats en ordre de major a menor pèrdua de superfície d'abastiment.

En el cas contrari, han guanyat terreny les superfícies de vegetació clara, seguides dels conreus d'arbres fruiters i la roca i els sòls nus de més a menys superfície guanyada.

L'aigua representa un percentatge ínfim de canvi, del 1987 al 2015 es pot considerar que s'ha mantingut inundant en menor mesura alguna superfície com s'ha esmentat en els resultats anteriors.

Si ens fixem en els camps de conreu, el principal focus d'interès, veiem que ha disminuït la pràctica dels conreus herbacis de secà com poden ser cereals com el blat, civada i l'ordi, lleguminoses com els cigrons i les llenties, o bé, farratges; així com han disminuït les activitats de conreus de regadiu intensiu segurament pels grans costos que genera, la contaminació que pugui causar l'abús i la irresponsabilitat en l'ús de fitosanitaris, la pèrdua de diversitat i homogeneïtat del que solen ser monocultius monovarietals que a la vegada atreuen plagues i es veuen afectades per inclemències del temps... però el que ha estat evident és l'ascens en l'activitat agrícola dels arbres fruiters com els tarongers, figueres, presseguers, pomeres... entre d'altres, l'èxit dels quals es pot atribuir a la llarga vida productiva de cada arbre, que pot generar grans quantitats de fruits i a l'any vinent repetir el procés, a diferència del blat, arròs i altres espècies de plantes contingudes en els grups de conreus comentades al principi del paràgraf.

Per altra banda, la vegetació salvatge com són els prats i la vegetació densa, ambdues han sofert una important davallada que es podria atribuir als incendis com el de Horta de Sant Joan, també podria deure's a un procés d'urbanització o simplement de desaparició per un canvi en les condicions del sòl contrari al que seria propici per la conservació de la vegetació esmentada (nutrients del sòl, humitat...) o fins i tot podria intervenir l'acció humana i animal. El fet que reforça aquesta teoria és l'augment en superfície de roques i sòls nus, que resulten de la desaparició de la vegetació, i també podria ser que la vegetació clara arbustiva, que ha experimentat un increment important, al sobreviure en condicions més hermes, romangués mentre la resta desapareixia.

8 CONCLUSIONS

És molt important que amb totes les imatges, tot i haver estat obtingudes del mateix satèl·lit, es comprovin les metadades per corroborar que els sistemes de referència, els sistemes de coordenades, les unitats i resolució dels píxels siguin idèntics en totes aquestes. Si hi ha algun camp incomplet, és feina vital de l'usuari emplenar-los.

Per obtenir uns resultats òptims en les classificacions, s'ha de tenir molta cura a l'hora de definir les àrees d'entrenament i fer-ho amb un bon criteri. Les matrius de confusió poden ser una bona guia a l'hora de determinar la confusió entre classes i parar especial atenció en aquestes.

Com s'esperava, el millor mètode per classificar imatges satel·litals ha estat el de màxima versemblança.

Sembla que com més informació hi hagi en les imatges multibanda, millor discriminen entre classes els logaritmes de classificació:

- Corregint radiomètricament les imatges s'ha demostrat que la classificació s'ajusta de manera més fidedigna a les classes que s'han definit.
- S'ha determinat que en presència de la banda 6 i/o 10, depenent de quin satèl·lit parlem, s'aconsegueix una millor classificació, més fiable.
- En presència de l'NDVI obtenim una major fiabilitat que en absència del mateix.
- El fet d'elidir les Bandes 1 i 2 és contraproduent per obtenir uns bons resultats en les classificacions.

S'ha pogut determinar quin tipus de cultiu ha crescut més durant aquest període de temps. Satisfactòriament s'ha acomplit la predicció de que es tractava dels conreus d'arbres fruiters no-cítrics.

De la mateixa manera, s'ha vist tant el creixement de les poblacions com la immutabilitat de les franges d'aigua i de la vegetació dintre els límits del parc.

BIBLIOGRAFIA I PÀGINES WEB CONSULTADES

BIBLIOGRAFIA

Ignacio Alonso Fernández-Coppel y Eliecer Herrero Llórente, EL SATÉLITE LANDSAT. Analisis visual de imágenes obtenidas del sensor ETM+ Satellite Landsat,1999.

Gyanesh Chander, Brian Markham. REVISED LANDSAT-5 TM RADIOMETRIC CALIBRATION PROCEDURES AND POSTCALIBRATION DYNAMIC RANGES, VOL. 41, NO. 11, 2003.

APN y SIB, SISTEMA DE INFORMACIÓN I BIODIVERSIDAD. PROTOCOLO PARA EL PREPROCESAMIENTO DE IMÁGENES SATELITALES LANDSAT PARA APLICACIONES DE LA ADMINISTRACIÓN DE PARQUES NACIONALES. Buenos Aires, 2005.

Andrés Felipe Rodríguez Vásquez, METODOLOGÍA PARA DETECTAR CAMBIOS EN EL USO DE LA TIERRA UTILIZANDO LOS PRINCIPIOS DE LA COASIFICACIÓN ORIENTADA A OBJETOS, ESTUDIO DEL CASO PIEDEMONTE DE VILLAVICENCIO, META. Universidad Nacional de Colombia, 2011.

ELSEVIER., Remote Sensing Environment. Monitorin gland cover change in urban and peri-urban areas using dense time stacks of Landsat satellite data and a data mining approach. 124, 689-704. 2012.

Mauricio Labrador García, Juan Antonio Évora Brondo, Manuel Arbelo Pérez. SATÉLITES DE TELEDETECCIÓN para la gestión del Territorio. ISBN: 13:978-84-695-3276-8, 2012.

Xabier Blanch Gorriz, ESTUDIS DELS CANVIS EN LA MORFOLOGIA DEL DELTA DE L'EBRE DURANT ELS SEGLES XX-XXI. Projecte Final de Carrera d'Enginyeria Tècnica Topogràfica a la UPC (EPSEB), 2014.

Cristina Gomez, Joanne C. White, Michael A. Wulder. OPTICAL REMOTELY SENSED TIME SERIES DATA FOR LAND COVER CLASSIFICATION: A REVIEW. 116, 55-72, 2016

Ángel Martínez C., José Antonio Gallud L., Francisco José Abad C. – DISTORSIONES EN LA ADQUISICIÓN DE IMÁGENES DE TELEDETECCIÓN Y SU CORRECCIÓN.

Ariza F.J, Pinilla C., Garcia J.L., COMPARACIÓN DE MATRICES DE CONFUSIÓN CELDA A CELDA MEDIANTE BOOTSTRAPING, Universidad de Jaén.

PÀGINES WEB CONSULTADES

Web de la Generalitat – Parc Natural “Els Ports”:

<http://parcsnaturals.gencat.cat/es/ports/>

Blog amb informació dels Ports:

<https://parcnaturaldelsports.wordpress.com/>

Descàrrega d'Imatges:

<http://glovis.usgs.gov/>

Vissualitzador de descàrregues VISSIR3 de l'ICGC:

<http://www.icc.cat/vissir3/>

Informació sobre la classificació de sòls usant imatges Landsat5

<http://leddris.aegean.gr/ses-parameters/528-land-cover-using-landsat-5.html>

Per la descàrrega del MDE Catalunya:

<http://www.icc.cat/cat/Home-ICC/Geoinformacio-digital/Sobre-la-geoinformacio-ICGC/Elevacions>

Per la descàrrega de Cobertes del Sòl de Catalunya:

<http://www.creaf.uab.cat/MCSC/esp/>

* <http://www.creaf.uab.cat/MCSC/esp/catrmz.htm>

* <http://www.creaf.uab.cat/MCSC/esp/rasters4.htm>

* **VISUALITZADOR:** <http://www.opengis.uab.cat/wms/MCSC/index.htm>

<http://www.cartesia.org>

Descàrrega de fitxers .LAZ:

<http://centrodedescargas.cnig.es/CentroDescargas/buscadorCatalogo.do?codFamilia=LIDAR>

<http://pnoa.ign.es/coberturalidar>

Temes de Radiància i Reflectància:

<https://sites.google.com/site/pdidistrital/home/radiancia-y-reflectancia>

AGRAÏMENTS

Principalment agrair a la meva tutora, Càrol Puig Polo, la dedicació, paciència i preocupació mostrada al llarg d'aquest projecte per què aquest sortís endavant de la millor manera possible. Gràcies pel suport a l'hora de respondre a tots els missatges i resoldre tots els meus dubtes amb la màxima rapidesa possible, per ensenyar-me nous mètodes i softwares per afrontar la teledetecció i veure que hi ha molt més enllà de la matèria, i extraoficialment, gràcies per l'ajuda que m'has prestat durant aquesta última etapa d'un projecte que gairebé no ha estat possible defensar. En quant a aquest últim punt, també aprofito a mencionar al cap d'estudis Rogelio López Bravo i al professor Sergio González López per la seva comprensió i ajuda amb la situació que se'm va presentar poc abans de finalitzar el PFG. Em sembla poc només incloure'ls en els agraïments, però el fet de poder seguir endavant per anar a pel màster, no permetre que m'estanqui... ha estat una empenta que recordaré molt gratament.

També agrair al Josep Sabaté, col·laborador directe del Parc Natural dels Ports amb el projecte per trobar-me un lloc a l'agenda, pels correus d'ànims, les propostes per millorar el treball, també la seva paciència i amabilitat de rebre'm sempre fent-me sentir ben acollit a les seves instal·lacions. Moltes gràcies Josep!

Com no, dur a terme un projecte i compaginar les pràctiques universitàries podria semblar una bogeria, així que pel fet de facilitar-me els dies necessaris per reunir-me amb la tutora i avançar el treball, pel més que bon ambient de feina, el tracte i realització que he sentit aprenent d'ells i que a la llarga es tradueix amb una pujada d'autoestima, un factor moralitzador, un creixement com a persona que m'ha impulsat fent-me sentir que puc amb tot el que em proposi, moltes gràcies als caps i soci d'ALTIPLÀ SERVEIS TOPOGRÀFICS, S.L.P. i els seus becaris i companys d'universitat per aquests cinc mesos que, amb la defensa d'aquest treball, arriben a la seva fi.

Per acabar amb els agraïments, al meu cercle més directe, que ha estat fent-me costat des de molt abans que aquest projecte fos només una idea...

Amics, que m'han animat en les davallades pròpies d'un estudiant universitari, que han suportat les meves exposicions més d'un cop i que m'han donat consells, però sobretot que han suportat el meu anglès.

A la meua parella pels mateixos motius que els meus amics, però des d'una vessant potser més intensa (On hi ha confiança...) i que em va prestar ajuda en la tercera llengua.

I intencionadament per al final, i no per això menys important, a la meua família.

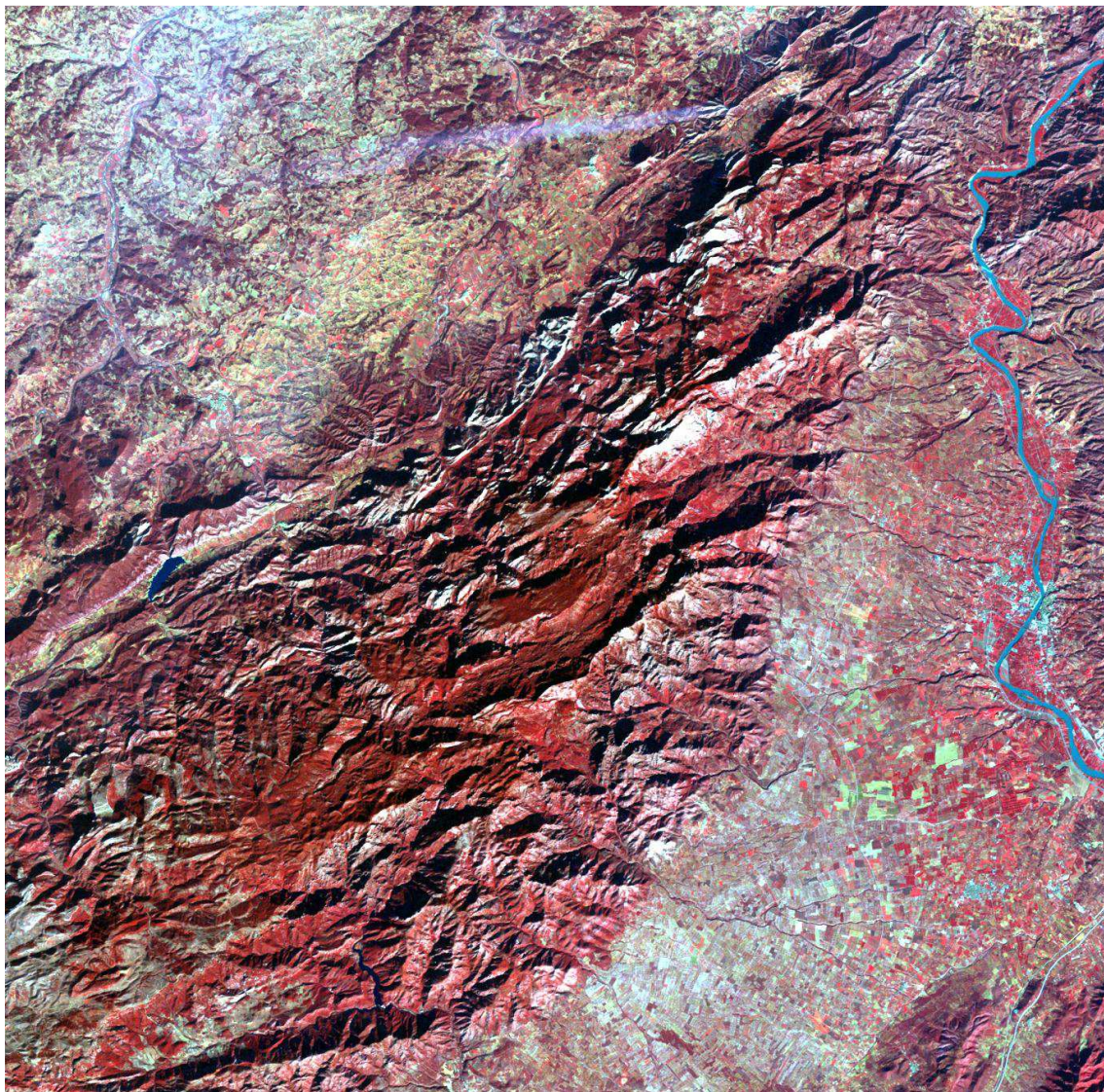
A la meua mare, que mentre jo classificava imatges, ella podria haver classificat perfectament totes les fluctuacions del meu estat d'ànim, per haver tingut la força que només una mare sap treure per suportar a un fill ofuscat i per tot el suport que, ara que ha acabat el treball, puc veure que m'ha donat.

I al meu pare, perquè tot i no haver-me pogut acompanyar durant un camí que va començar amb molts canvis (nova ciutat, inici d'un grau, nova gent...), tots ells necessaris per marxar de casa sense saber res de la vida i poder tornar amb el cap ben alt dient que sóc enginyer en geomàtica i topografia, em va donar moltes eines, va ensenyar-me el que és la disciplina, ensenyar-me a tenir un pensament fort... per totes les paraules que m'han quedat per sempre gravades i que no són ni la punta de l'iceberg, MOLTES GRÀCIES.

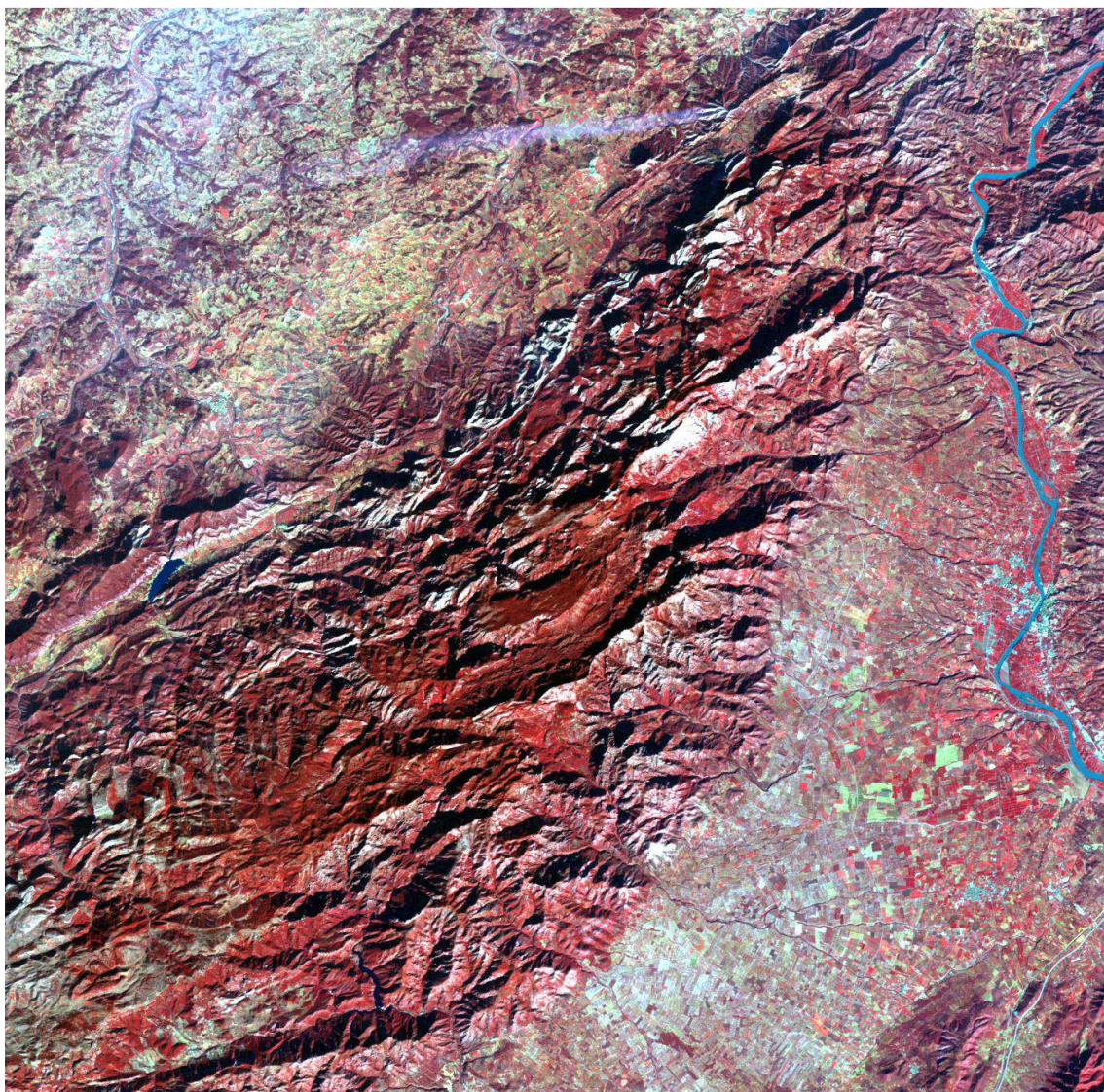
ANNEX

Annex 1 - Imatge del 1992.....	61
Annex 2 - Imatge del 1997.....	62
Annex 3 - Imatge del 2002.....	63
Annex 4 - Imatge del 2007.....	64
Annex 5 - Imatge del 2011.....	65
Annex 6 – Mapa de cobertes del sòl de Catalunya (2009).....	66
Annex 7 - Llegenda de les cobertes dels sòls de Catalunya	67
Annex 8 – Ortofotografia.....	68
Annex 9 - Comprovació de l'azimut i elevació del Sol de la imatge del 1987	69
Annex 10 – Traducció a tercera llengua (Anglès)	71

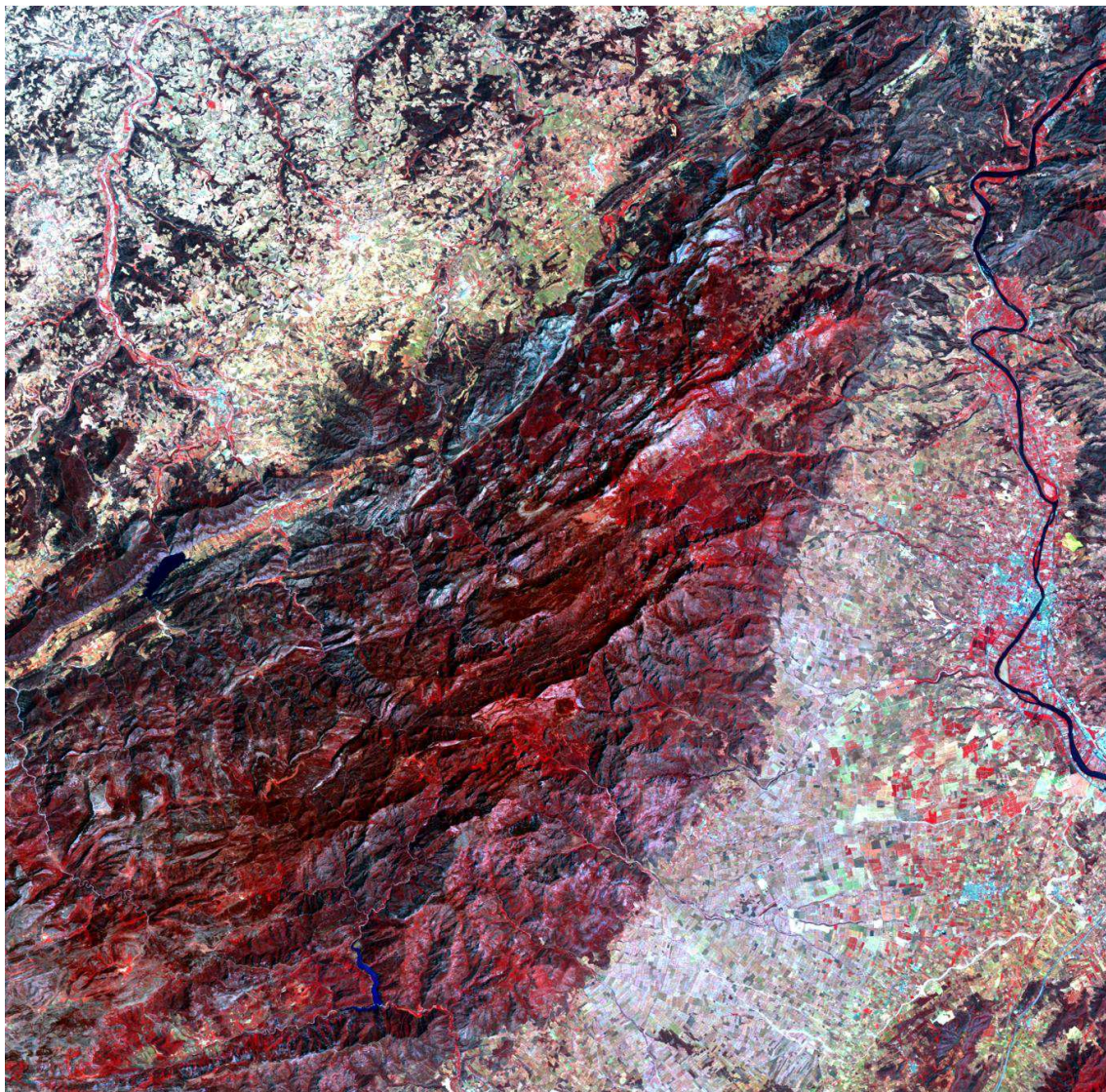
Annex 1 - Imatge del 1992



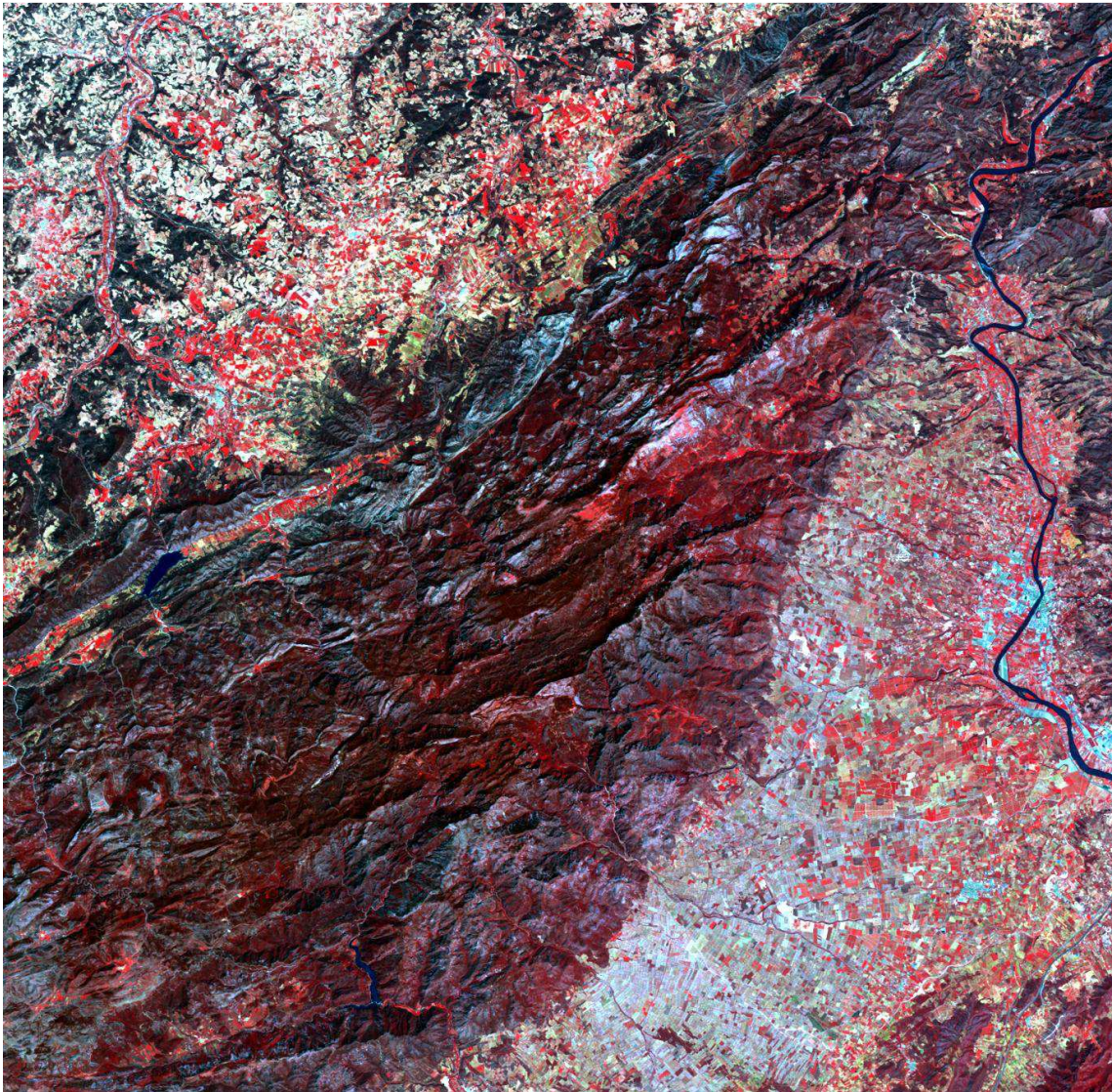
Annex 2 - Imatge del 1997



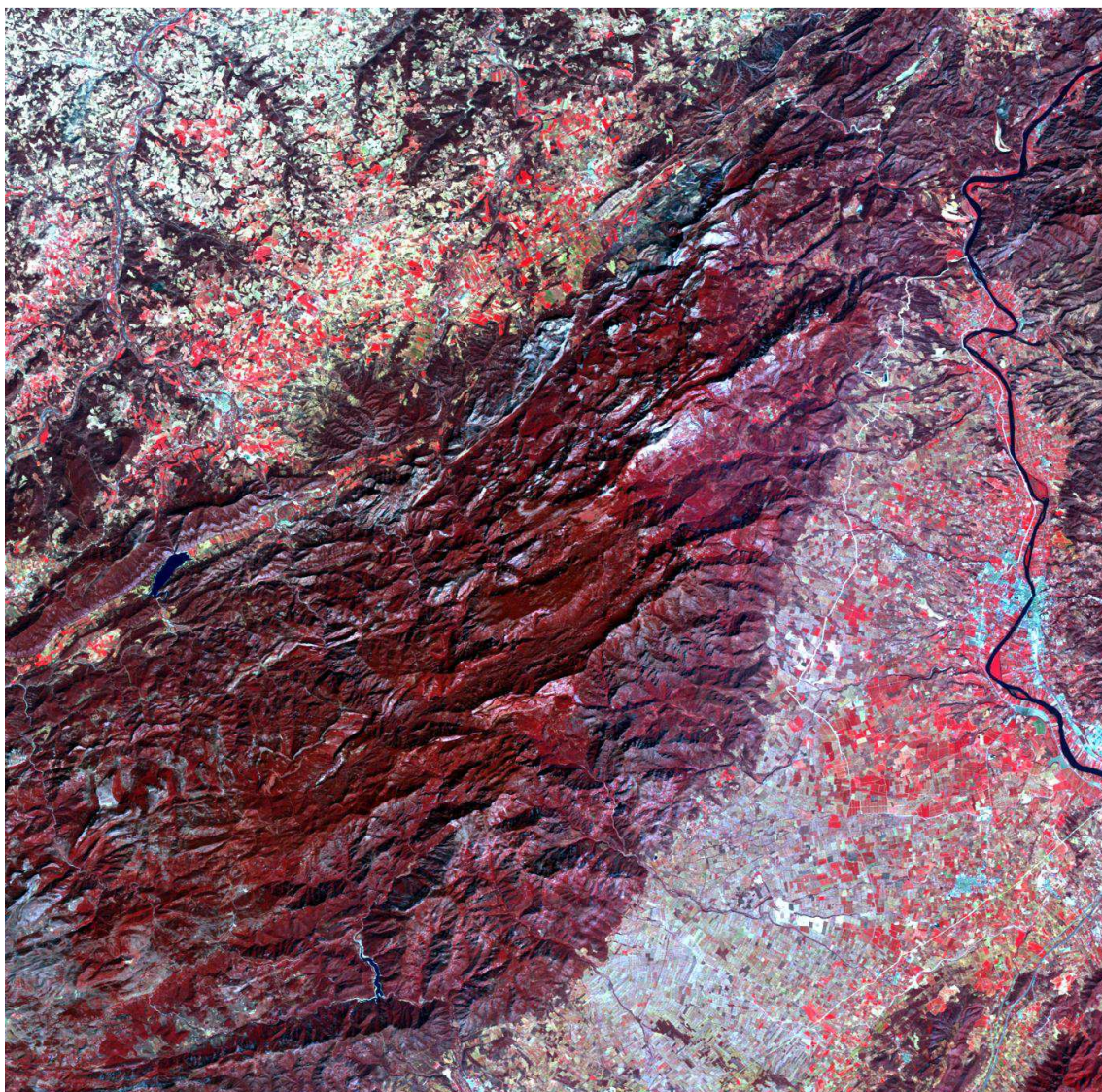
Annex 3 - Imatge del 2002



Annex 4 - Imatge del 2007



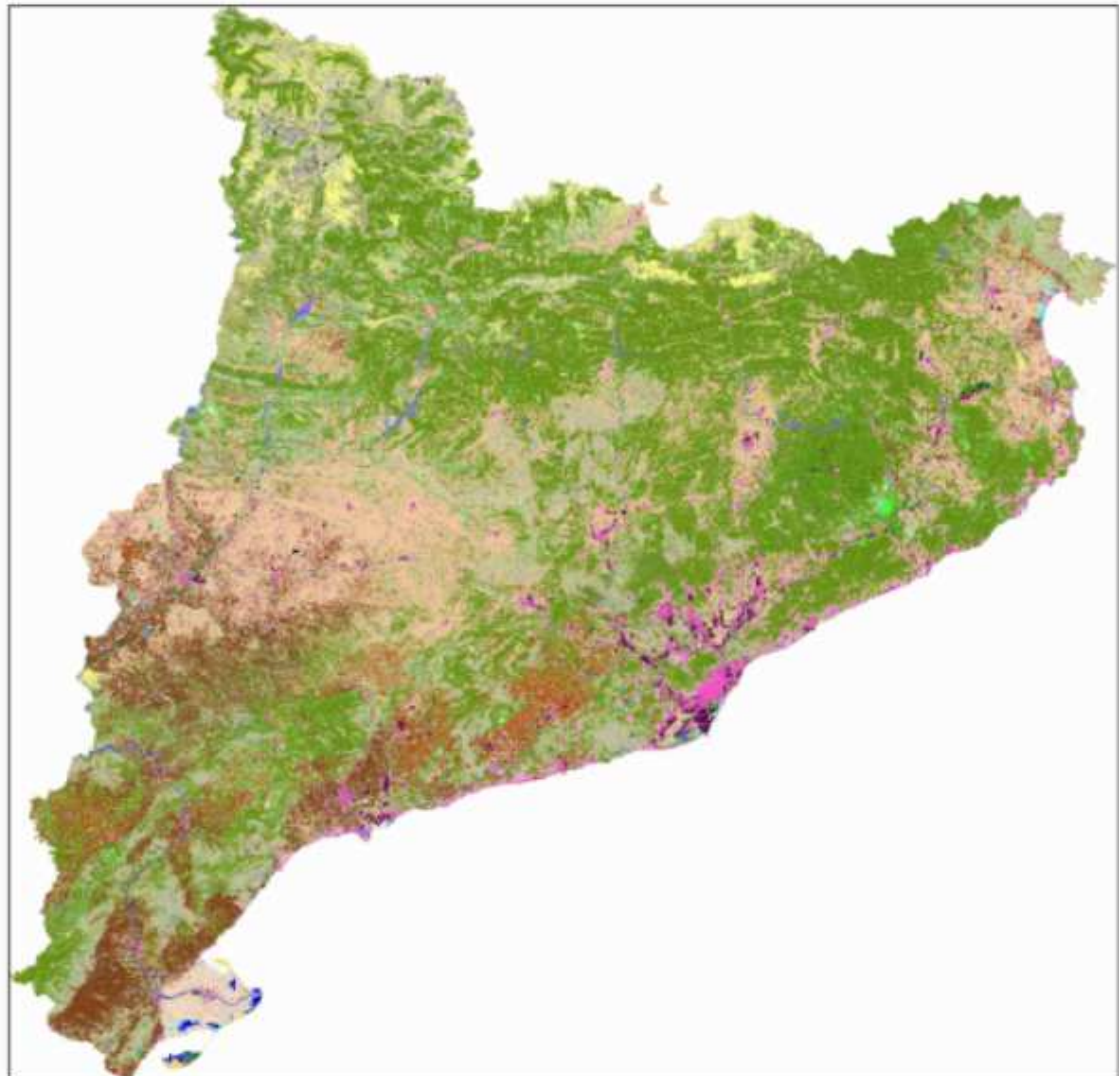
Annex 5 - Imatge del 2011



Annex 6 – Mapa de cobertes del sòl de Catalunya (2009)

CODI: MCSC_2009I_02549

UTM fus 31 Hemisferi Nord amb Datum ETRS89



1:2153876

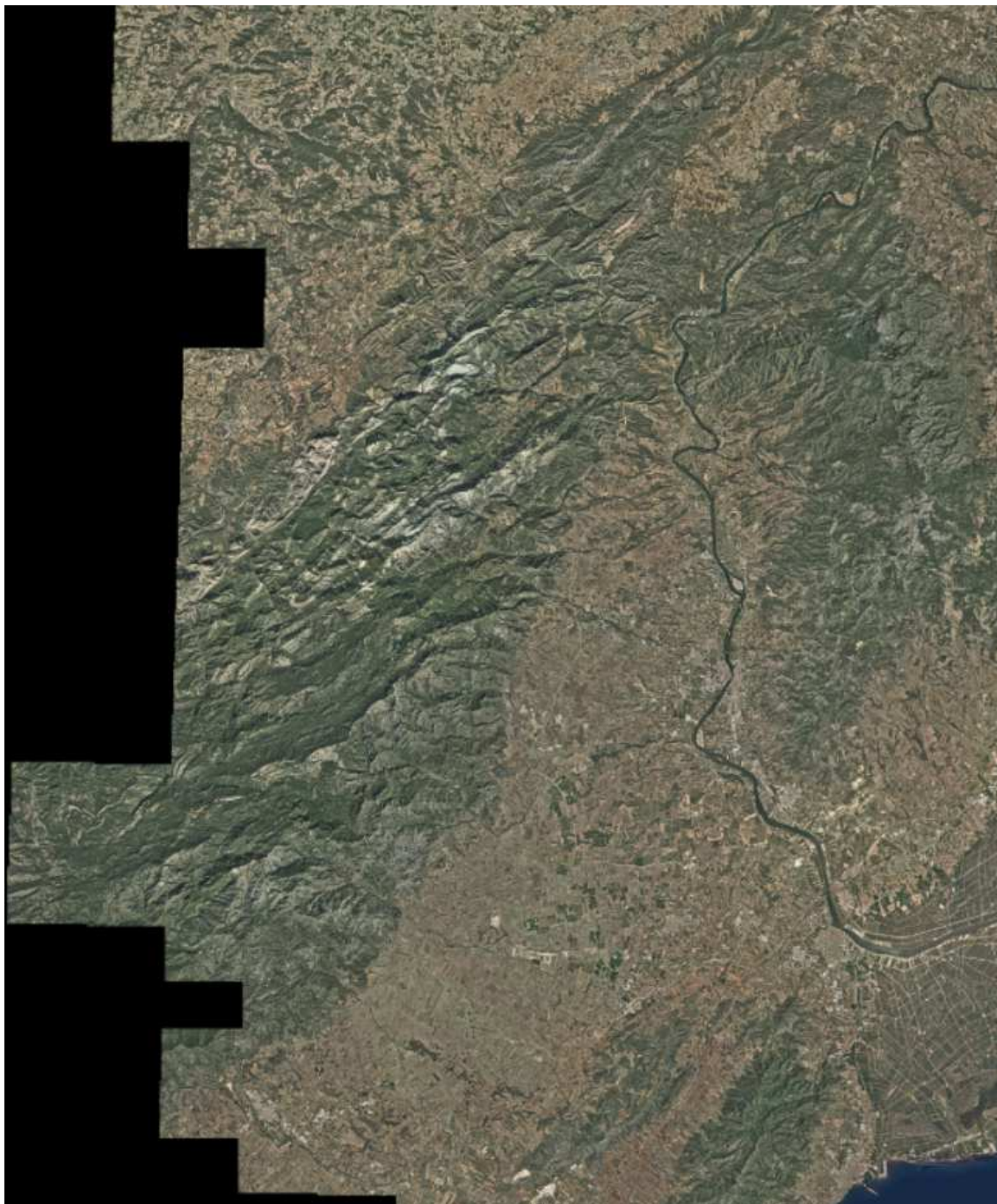


Estudi dels mètodes de classificació d'imatges i evolució dels usos del sòl en l'àmbit del Parc Natural dels Ports des de l'any 1987 fins al 2015

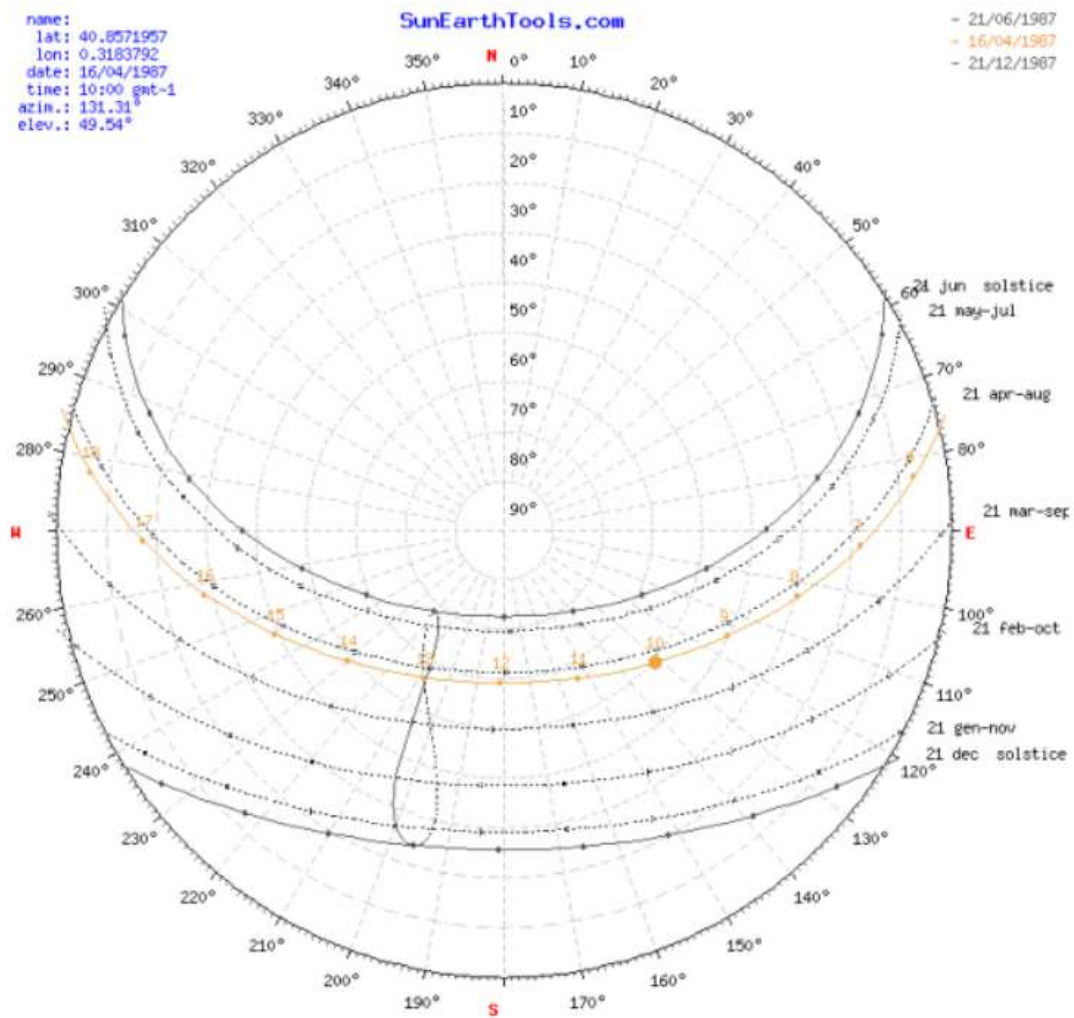
Annex 7 - Llegenda de les cobertes dels sòls de Catalunya

Pineda de pi pinyer (>= 20%cc)	Fageda (5-20%cc)	Plantacions de plàtans	Sòl erosionat per agent natural
Pineda de pinastre (>= 20%cc)	Roureda de roure pèrol (5-20%cc)	Regeneració de pi blanc	Sòl nu per acció antròpica
Pineda de pi blanc (>= 20%cc)	Roureda de roure de fulla gran (5-20%cc)	Regeneració de pinastre	Sòl nu en línies elèctriques
Pineda de pinassa (>= 20%cc)	Roureda de roure africà (5-20%cc)	Regeneració de pinassa	Platges
Pineda de pi roig (>= 20%cc)	Roureda de roure martinenc (5-20%cc)	Regeneració de pi roig	Glaceres i congestes
Pineda de pi negre (>= 20%cc)	Roureda de roure de fulla menuda (5-20%cc)	Regeneració de pi negre	Llac i llacunes continentals
Avetosa (>= 20%cc)	Roureda de reboll (5-20%cc)	Regeneració d'avet	Llacunes litorals
Altres coníferes (>= 20%cc)	Avellanosa (5-20%cc)	Regeneració d'alzina	Rius
Alzinar (>= 20%cc)	Freixeneda (5-20%cc)	Regeneració de bedoll	Embassaments
Sureda (>= 20%cc)	Altres caducifolis (5-20%cc)	Regeneració de faig	Mar
Arboçar (>= 20%cc)	Boscos caducifolis de ribera (5-20%cc)	Regeneració de roureda de roure martinenc	Citrics
Altres perennifolis (>= 20%cc)	Franja de protecció de pi pinyer	Regeneració de roure de fulla menuda	Fruters no citrics
Bedollar (>= 20%cc)	Franja de protecció de pinastre	Matollars	Fruters no citrics en regadiu
Castanyeda (>= 20%cc)	Franja de protecció de pi blanc	Matollars en línies elèctriques	Vivers agrícoles
Fageda (>= 20%cc)	Franja de protecció de pinassa	Franja de protecció de matollars	Vinyes
Roureda de roure pèrol (>= 20%cc)	Franja de protecció de pi roig	Matollars en tallafocs	Oliverars
Roureda de roure de fulla gran (>= 20%cc)	Franja de protecció d'alzina	Matollars procedents de tallades arreu	Oliverars en regadiu
Roureda de roure africà (>= 20%cc)	Franja de protecció d'alzina suera	Matollars de formacions de ribera	Garroferars
Roureda de roure martinenc (>= 20%cc)	Franja de protecció de castanyer	Canyars	Garroferars en regadiu
Roureda de roure de fulla menuda (>= 20%cc)	Franja de protecció de faig	Vegetació d'aiguamolls litorals	Arrossars
Roureda de reboll (>= 20%cc)	Franja de protecció de roure pèrol	Vegetació d'aiguamolls continentals	Altres conreus herbacis
Avellanosa (>= 20%cc)	Franja de protecció de roure de fulla gran	Molleres d'alta muntanya	Altres conreus herbacis en regadiu
Freixeneda (>= 20%cc)	Franja de protecció de roure africà	Salines	Prats de dall
Altres caducifolis (>= 20%cc)	Franja de protecció de roure martinenc	Prats i herbassars	Conreus en transformació
Boscos caducifolis de ribera (>= 20%cc)	Franja de protecció de roure de fulla menuda	Prats i herbassars en línies elèctriques	Rompudes agrícoles
Pineda de pi pinyer (5-20%cc)	Franja de protecció d'altres caducifolis	Franja de protecció de prats i herbassars	Hivernacles
Pineda de pinastre (5-20%cc)	Plantacions de pi pinyer	Prats i herbassars d'alta muntanya	Conreus d'horta sola plàstic
Pineda de pi blanc (5-20%cc)	Plantacions de pinastre	Prats i herbassars d'alta muntanya en línies elè	Citrics en bancals
Pineda de pinassa (5-20%cc)	Plantacions de pi blanc	Prats i herbassars en tallafocs	Fruters no citrics en bancals
Pineda de pi roig (5-20%cc)	Plantacions de pinassa	Prats i herbassars procedents de tallades arreu	Fruters no citrics en bancals en regadiu
Pineda de pi negre (5-20%cc)	Plantacions de pi roig	Prats i herbassars d'alta muntanya procedents d	Vinyes en bancals
Avetosa (5-20%cc)	Plantacions de pi negre	Vegetació arbustiva de dunes i sorolls	Oliverars en bancals
Altres coníferes (5-20%cc)	Plantacions d'avet	Vegetació herbàcia de dunes i sorolls	Oliverars en bancals en regadiu
Alzinar (5-20%cc)	Vivers forestals	Zones cremades	Garroferars en bancals
Sureda (5-20%cc)	Plantacions de coníferes no autòctones	Penya-segats marins	Altres conreus herbacis en bancals
Arboçar (5-20%cc)	Plantacions d'alzina suera	Roquissars	Altres conreus herbacis en bancals en regadiu
Altres perennifolis (5-20%cc)	Plantacions de castanyer	Tarteres	Conreus abandonats - boscos
Bedollar (5-20%cc)	Plantacions d'altres caducifolis	Lleres naturals	Conreus abandonats - matollars
Castanyeda (5-20%cc)	Plantacions d'eucaliptus	Sòl nu en tallafocs	Conreus abandonats - prats en zones forestals
Citrics abandonats - prats en zones agrícoles	Plantacions de pollancre	Sòl erosionat per agent natural	Conreus abandonats - prats d'alta muntanya en
Citrics abandonats - prats en zones agrícoles e	Complexos hotelers	Sòls nus urbans no edificats	
Fruters no citrics abandonats - prats en zones i	Altres construccions	Zones urbanes en construcció	
Fruters no citrics abandonats regadiu no regat	Naus d'ús agrícola	Moviments de terres	
Fruters no citrics abandonats - prats en zones i	Granges		
Fruters no citrics abandonats regadiu no regat	Preses		
Fruters no citrics abandonats regadiu no regat	Cementis		
Vinyes abandonades - prats en zones agrícoles	Grans vials		
Oliverars abandonats - prats en zones agrícoles	Zones d'aparcament		
Oliverars abandonats regadiu no regat - prats e	Parcs urbans		
Garroferars abandonats - prats en zones agríco	Basses urbanes		
Arrossars abandonats regadiu no regat - prats e	Autopistes i autovies		
Altres conreus herbacis abandonats - prats en z	Carreteres		
Altres conreus herbacis abandonats regadiu no	Aeroports		
Altres conreus herbacis abandonats - prats en z	Vies de ferrocarril		
Altres conreus herbacis abandonats regadiu no	Zones portuàries		
Prats de dall abandonats regadiu no regat - prat	Zones verdes viàries		
Prats de dall abandonats regadiu no regat - prat	Zones verdes ferroviàries		
Vinyes abandonades - prats en zones agrícoles	Àrees de servei en xarxa viària		
Oliverars abandonats - prats en zones agrícoles	Estacions d'autobusos		
Oliverars abandonats regadiu no regat - prats e	Zones d'esport		
Garroferars abandonats - prats en zones agríco	Parcs recreatius		
Hivernacles en bancals	Càmpings		
Horta familiar	Camps de golf		
Assentament agrícola residencial	Complexos administratius		
Piscifactories i conreus aquícoles a terra	Equipaments sanitaris		
Piscifactories i conreus aquícoles a mar	Equipaments educatius		
Canals artificials	Centres penitenciaris		
Basses agrícoles	Centres religiosos		
Urbanitzacions	Centres culturals		
Centre urbà	Centres esportius		
Eixample	Centres solars		
Habitatges unifamiliars	Centres nuclears		
Colònies i nuclis aïllats	Centres tèrmiques		
Cases aïllades	Infraestructures elèctriques		
Polígon industrial ordenat	Depuradores i potabilitzadores		
Polígon industrial sense ordenar	Desalinitzadores		
Indústries aïllades	Telecomunicacions		
Serries	Zones d'extracció minera		
Complexos comercials i d'oficines	Abocadors		
Vivers	Plantes de tractament		

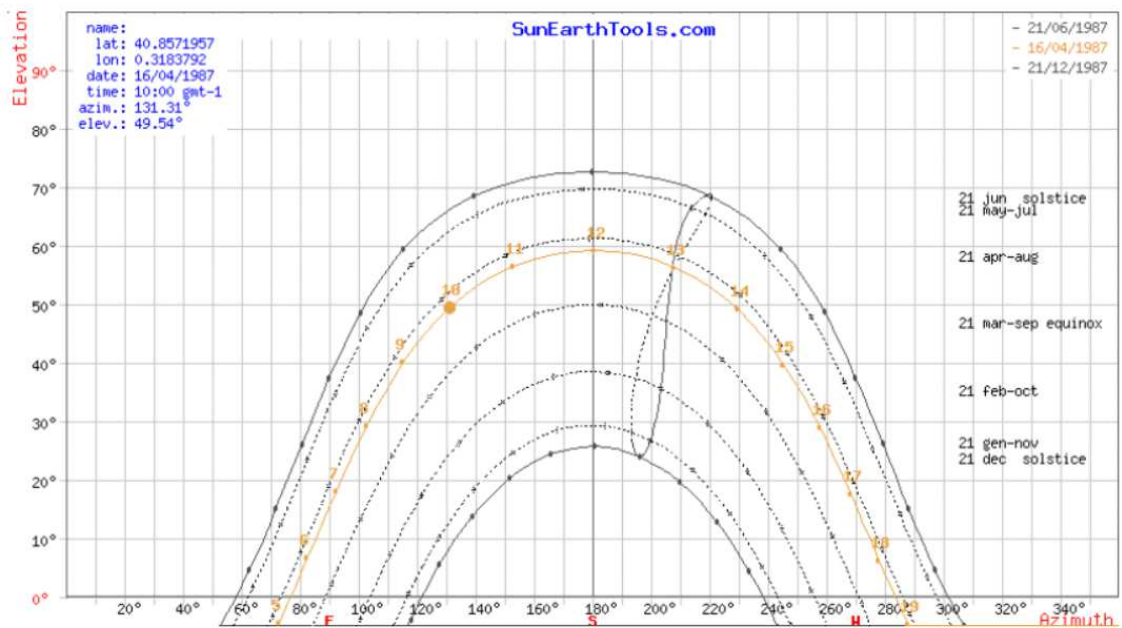
Annex 8 – Ortofotografia



Annex 9 - Comprovació de l'azimut i elevació del Sol de la imatge del 1987



Estudi dels mètodes de classificació d'imatges i evolució dels usos del sòl en l'àmbit del Parc Natural dels Ports des de l'any 1987 fins al 2015



sol' posición	Elevación	Azimut	latitudes	longitudes
16/04/1987 10:00 | GMT-1	49.54°	131.31°	40.8571957° N	0.3183792° E
crepúsculo	Sunrise	Puesta de sol	Azimut Sunrise	Azimut Puesta de sol
crepúsculo -0.833°	05:19:19	18:38:42	76.07°	284.19°
crepúsculo civil -6°	04:50:52	19:07:12	71.32°	288.96°
Náutica" crepúsculo -12°	04:16:45	19:41:27	65.37°	294.95°
El crepúsculo astronómico -18°	03:40:51	20:17:33	58.64°	301.74°
la luz del día	hh:mm:ss	diff. dd-1	diff. dd-1	Mediodía
16/04/1987	13:19:23	00:02:35	-00:02:36	11:59:00

Fecha:	16/04/1987 | GMT-1	
coordinar:	40.8571957, 0.3183792	
ubicación:	Unnamed Road, 43528 Alfara de Carles, Tarragona, España	
hora	Elevación	Azimut
05:19:19	-0.833°	76.07°
6:00:00	6.73°	82.65°
7:00:00	18.06°	92.38°
8:00:00	29.3°	102.87°
9:00:00	40.03°	115.28°
10:00:00	49.54°	131.31°
11:00:00	56.55°	153.1°
12:00:00	59.18°	180.64°
13:00:00	56.34°	208.03°
14:00:00	49.2°	229.57°
15:00:00	39.63°	245.42°
16:00:00	28.89°	257.73°
17:00:00	17.65°	268.19°
18:00:00	6.34°	277.91°
18:38:42	-0.833°	284.19°



DEGREE IN GEOMATIC AND SURVEYING

FINAL DEGREE PROJECT

STUDY ON IMAGE CLASSIFICATION METHODS AND EVOLUTION OF LAND USES WITHIN THE BOUNDARIES OF THE “ELS PORTS” NATURAL PARK SINCE 1987 TO 2015

Planner: Diego Santamaria Chordà

Mentor: Carolina Puig Polo

Convocation: July 2016

SUMMARY

This project aims to study the changes of the land-uses established in the Port's Natural Park limits and the surrounding territories from 1987 to 2015 to trying to figure out which factors could cause them and can make in a future a study about how this changes can influence on the cuabarrada's behaviour, a bird of prey threatened with extinction that live within the limits of the park but survives thanks to the cultivates around them.

In order to make this happen, will be made a previous study that will consist of compare the various classification methods that we have in out hands to conclude which is the most reliable as well as see which is the suitable bands combination to perform a good classification applying the best chosen method as explained elsewhere in these pages.

In this way, from the obtained imagery from Landsat 5 and Landsat 8, orthophotographies and Catalonia Land Covers is claimed to create thematic cartography to reflect the diverse typology of land uses. Finally, the project will be concluded with a map as a result of the analytical between the layers resulting from 1987 and 2015 images to see all changes in response to the main objective.

CONTENTS INDEX

1	INTRODUCTION	75
1.1	MOTIVATION.....	75
1.2	OBJECTIVES	75
2	STUDYING AREA.....	76
3	INFORMATION SOURCES	77
3.1	LANDSAT 5 TM AND LANDSAT 8 OLI-TIRS SPECIFICATIONS	79
4	SOFTWARE	81
5	METHODOLOGY	82
5.1	SUPERVISER CLASSIFICATION METHODS.....	82
5.2	CLASSIFICACION RALIABILITY	83
6	IMAGERY PROCESSING	84
6.1	PRE-PROCESSING	84
6.1.1	IMAGERY CROP	84
6.1.2	RADIOMETRIC BAND CORRECTIONS	85
6.2	PROCESSING.....	86
6.2.1	DEFINITION OF THE REGIONS OF INTEREST	86
6.2.2	NDVI CALCULATION	87

PREFACE

This Final Degree Project will be defended at July 2016 call.

The developing of the present project emerged from the personal interest to broaden the knowledge about consequences of the land changing of a territory over a specific area. During the course of this degree always have existed, since the contact with remote sensing, a special interest in applying the acquired knowledge over a land where a servant have had the privilege to live.

The idea of opting for this branch arose from the fact of knowing the satellites functioning, all their parameters even the behaviour and content of the imagery they contribute, together with the results versatility able to extract from the excess of processing of that one's thanks to one of the studies done during the last degree year: "Estudi de la Península de Cosigüina (Nicaragua)".

It is also the will of the project emphasize the collaboration with the "Centre de Documentació del Parc Natural dels Ports", which added some ideas, suggestions and material to make this a complete task to possible future complete to possible usages on the part of Els Ports.

It seems interesting determine this work constitute a big effort in acquisition of the most reliable results. Being a project with practical and future objectives to a common benefit, it involve a responsibility in the reliability of the obtained data that sometimes have supposed countless repetitions of processes and the subsequent slowness progress of this.

Finally, with the main intention to not lose the original PFG's title have been decided to maintain the first proposal done even though the analysis is limited only to study which is the best classification method of the land use because the sensibility to make public the cuabarrada's. Nevertheless, then, is underlined the commitment to finish the totality this, if I may use this information, as a Final Master Project where apply the new competences acquired in addition from the use of LIDAR Technology and the correction by topography image processing method.

9 INTRODUCTION

Over the last three decades, demographically and socioeconomically speaking, the territory under study has suffered a lot of changes; the necessity to widen the municipality due to the population growth, the changes of exploitation methods in the field of cultivation for a more efficient productivity, the incorporation of new techniques, and species of plants and trees, or even an ideological change of environmental sustainability that has brought to preserve some areas for its own wealth regarding the fauna, flora and relief... they are examples of the necessity the society had to face up, whom has been forced to take some measures and actions which, as a consequence, have left its traces on the uses of the soil.

Is by the remote sensing how we can highlight these changes between images from 1987 to 2015 with intervals of 5 years, that is, although we will only see the results of the procedures applied to the first and last images of the series (1987 and 2015 respectively), these procedures have been applied to 1992, 1997, 2002, 2007 and 2011 images too to verify some steps and investigate, for example, the performance of the sensor throughout its shelf life and how this affects to our satellite imagery.

Will be compared the various image classification methods we have within our reach, as well as the best way to work whit these imagery combining bands, generating new ones, making corrections... until we find the most reliable working methodology in comparison with the reality of the land summited to study.

9.1 MOTIVATION

My motivation in the realization of this project is underpinned by three pillars:

The first is my own concerns about the environment: any study able to be used to protect fauna, flora, even a wealthy both of biological and geologically speaking, it's more than gratifying; pursued by the predilection I feel in working with remote sensing and Geographic Information Systems, wishing to improve, in some way, my knowledge about them; and last but not least, to have the chance to look how a Natural Park works and collaborate with this to achieve that project could be used in future studies of protected areas preservation and enhancing the action that the Park exercise over the territory.

9.2 OBJECTIVES

The main objective of the project is to generate thematic maps that reflect the changes undergone in land use both within and outside the boundaries of the area of Ports Natural Park in the most accurate possible agreement with reality, to observe and analyse the results and conclude all the changes undergone by the territory from a geographical and geological point of view. To get this end, there will be done a comparison of the methods of satellite image classification that are available to choose the best. Once the first point has been answered, will be contrasted various procedures such as correction and generation of new bands that will be combined in various ways to provide solutions with the greater reliability possible and, in short, the best ranking.

10 STUDYING AREA

Els Ports are the mountains located between the provinces of Tarragona, Terol and Castelló (Figura 2.1); contact point between the counties of Baix Ebre and Montsià towards the east, La Terra Alta and El Matarranya towards the north-west, and the Baix Maestrat in the south. (Figura 2.2).



Figure 10.1 – Provinces Map

Els Ports is a mountain mass formed by a very complex relief, the set of the mountain ranges was comprised during the alpine orogeny.

The orogenic efforts produced a sequence of sinister failures in NE-SW direction saddled between the Catalan Mediterranean System and the Iberian System, parallel to the actual coast. Jointly with this failures appeared some overlapping bundles and folds that formed this mountain chain and another from the Serralada, while around the massif underscore the presence of high and singular mountains with surfaces

above 1000m², being the highest mountain top El Mont Caro, with 1441m of height. In the western sector, the main rivers dig spectacular deep gorges, like is the case of the river Matarranya, the gouges Parrissal (outside the Park), the Gúbies Regatxol (the headwaters of Ulldemó) or the valleys near the Franqueta along the Straits..

The most important materials outcropping are limestones from Mesozoic Triassic in the Alfaro's middle sector and from the Jurassic Lias-and-Jurassic Malm in Alfaro and Caro's sector.

The grounds are used for forestry purposes, hunting, agriculture, livestock, tourism and recreation, as well as mining activities, although they are not very important. It is sheltered in the special protection plan under two types, the Ports Natural Park and, in a more restricted area, as a Partial Nature Reserve (Figure 2.3).



Figura 10.2 - Situació del Parc Natural dels Ports
Font: Capa cedida pel Parc Natural i processat amb ArcGIS Warth

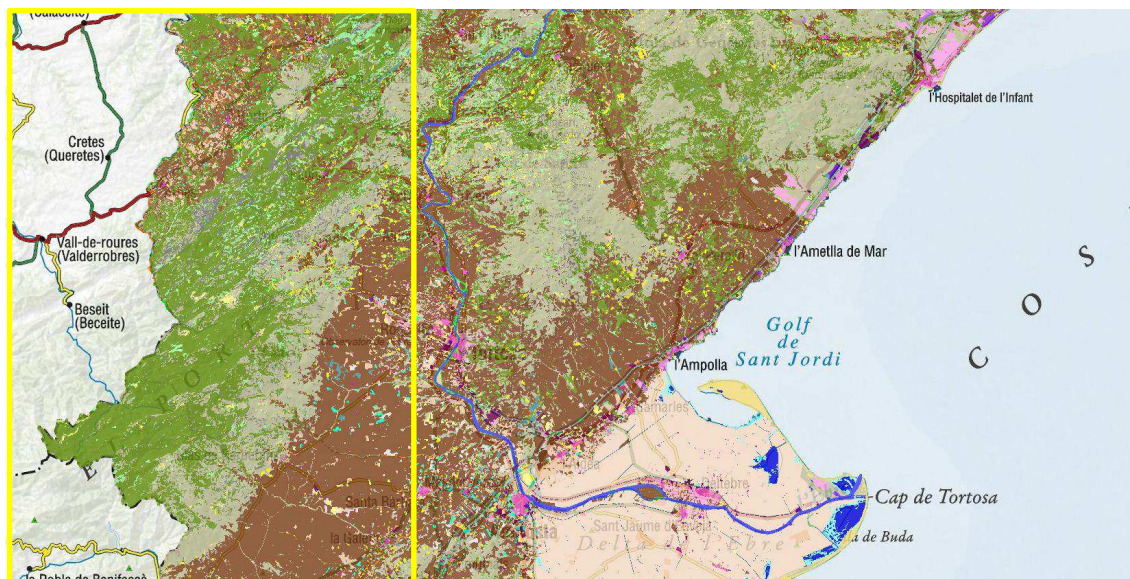


Figure 10.3 – Port's Geology / Source: Vissir3 from l'ICGC

11 INFORMATION SOURCES

Different sources of information that were used to make this PFG have been chosen trying to fit as much as possible the conditions of highest quality, the lowest number of processes that involve the accumulation of errors on the outcome end, and the use of computerized resources, as well as the provision of free sources usage.

From all series of satellites available, have been chosen to work with LANDSAT, built and put into orbit by the US to observe the Earth's surface.

Concretely, we have used Landsat 5 images (from 1987 to 2011) and LANDSAT 8 (image 2015). These images, as shown in Table 1, have been extracted from the Web USGS, an American page that makes available images for free. In the same file information are included, along with images, their metadata.

YEAR	FORMAT	ORIGIN	PROCESS
1987	Landsat 4-5 TM	USGS	Crop and img conversion
1992	Landsat 4-5 TM	USGS	Crop and img conversion
1997	Landsat 4-5 TM	USGS	Crop and img conversion
2002	Landsat 4-5 TM	USGS	Crop and img conversion
2007	Landsat 4-5 TM	USGS	Crop and img conversion
2011	Landsat 4-5 TM	USGS	Crop and img conversion
2015	Landsat 8 OLI/TIRS	USGS	Crop and img conversion

Table 31 – Downloaded Imagery Information

To know the typology or uses of soils, have been downloaded the Catalonia's soil cover (Figure 3.1) also offered for free by CREA, a public centre of research in terrestrial ecology and analysis of the territory that generates knowledge and methodologies for the conservation, management and adaptation to global change of the environment.

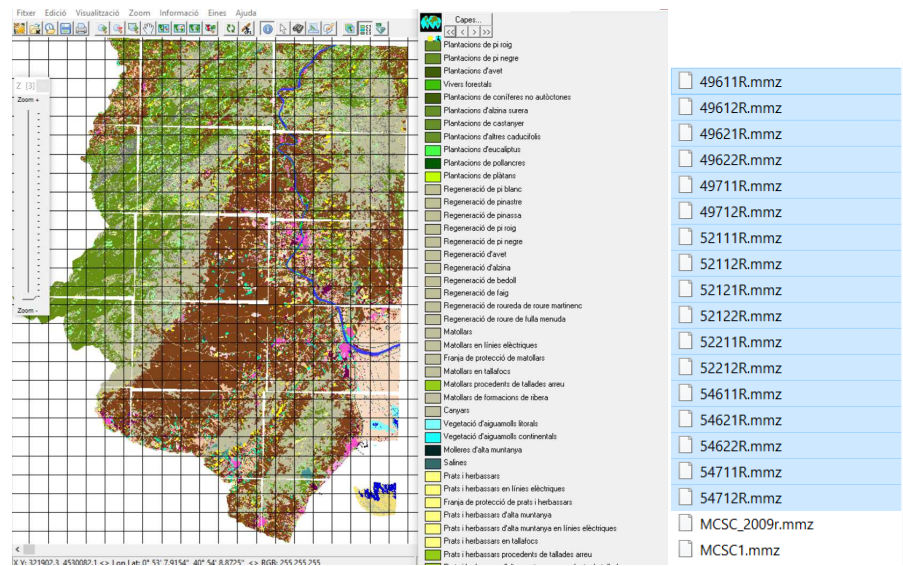


Figure 11.1 – Catalonia's soil cover by CREA and a list of downloaded sheets.

Have also been downloaded the ICGC orthophotos and MDE (Figure 3.3) from the NASA to visually compare the false color images with reality and to try to make the correction of topographic images, correspondingly.

FULL	FONT	Format	Nom
496A	ICGC	Shape	Horta de Sant Joan
521A	ICGC	Shape	La Galera

Taula 32 - Ortofotos descarregades

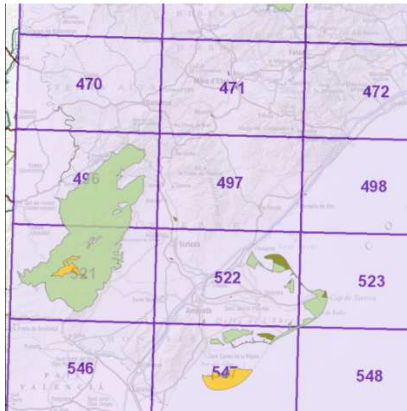


Figura 11.2 – Imatge dels fulls d'ortofotos

11.1 LANDSAT 5 TM AND LANDSAT 8 OLI-TIRS SPECIFICATIONS

Can be told that the images from Landsat 5 and Landsat 8 are compatibles. When the two works simultaneously on the same project, it is easy to combine them, apply the same processes without making significant changes in the images as the resolutions because of both satellites coincide agree can be seen in Table 2:

SATÈL·LIT	SENSOR	R.ESPECT.	R. ESPACIAL	R.TEMPORAL	R.RADIOM.
LANDSAT 5	TM	7 bandes	30m	16 dies	8 bits
LANDSAT 8	OLI-TIRS	11 bandes	30m/15m	16 dies	8 bits

Taula 33 – Specifications of used satellites

The only disagreement is with spectral resolution, where the number of bands from LT5 is lower than LT8 ones, it will cause a small complication generating multiband imagery with similar spectral characteristics. According to the ranges that cover each band, all of them can be correlated as is depicted in the next table (Table 3):

LANDSAT 5	LANDSAT 8
BANDA 1	BANDA 2
BANDA 2	BANDA 3
BANDA 3	BANDA 4
BANDA 4	BANDA 5
BANDA 5	BANDA 6
BANDA 6	BANDA 10
BANDA 7	BANDA 7

Table 34- Correlation between bands

The information sources of the years 1987 to 2011 correspond to some images captured by the Landsat 5 satellite TM sensor. This satellite was launched on 1 March 1984 and represents a substantial improvement compared to the sensor MMS seen before. Landsat 5 captured his last image on 6th of January in 2013, being out of service nowadays. Orbited at an altitude of 705km and was able to make a complete orbit in 98.9 minutes completing the cycle every 18 recording days.

BANDA	NOM	RANG ESPECTRAL (μm)	RESOLUCIÓ ESPACIAL (m)
1	Blau	0,45 – 0,52	30
2	Verd	0,52 – 0,60	30
3	Vermell	0,63 – 0,69	30
4	Infraroig Proper (IRp)	0,76 – 0,90	30
5	Infraroig Mig (IRm)	1,55 – 1,75	30
6	Infraroig Tèrmic	10,4 – 12,5	30
7	Infraroig Llunyà (IRll)	2,08 – 2,35	30

Taula 35 – Spectral Bands from LANDSAT 5 TM

The main improvements included in this sensor are the ability to get information in seven different spectral bands (Table 4). Three visible bands (RGB), one of them in the near infrared, two for far infrared, and finally one in the thermal infrared. In addition, it also includes an improvement in resolution since the bands between 1 to 5 and 7 band have a spatial resolution of 30 meters while the band 6 has a resolution of 120 meters. The area comprising the images is 185 km².

In the sensor **Landsat 8 OLI-TIRS** case, the images obtained from its satellite are very similar to the explained above.

Landsat 8 was launched on 11th of February 2013 and is currently the latest version of the program LANDSAT. This satellite consists of 11 bands and represents a considerable improvement in the quality of the images. The spectral resolution of bands has been maintained to 30 meters and 15 meter of resolution to panchromatic band.

LANDSAT satellite is equipped with two sensors. The sensor OLI (Operational Land Imager) is responsible for capturing nine low spectral responses bands while the sensor TIROS (Thermal Infrared Sensor) is responsible for capturing the bands 10 and 11 associated with the far infrared. We see the following table (Table 5) bands we get the new version of this series of satellites:

BANDA	NOM	RANG ESPECTRAL (μm)	RESOLUCIÓ ESPACIAL (m)
1	Costera/Aerosol	0,43 – 0,45	30
2	Blau	0,45 – 0,51	30
3	Verd	0,52 – 0,60	30
4	Vermell	0,63 – 0,68	30
5	Infraroig Proper (IRp)	0,84 – 0,88	30
6	Infraroig Mig (IRm)	1,56 – 1,66	30
7	Infraroig Mig (IRm)	2,10 – 2,30	30
8	Pancromàtica	0,50 – 0,68	30
9	Cirrus	1,36 – 1,39	30
10	Infraroig Llunyà (IRII)	10,30 – 11,30	30
11	Infraroig Llunyà (IRII)	11,50 – 12,50	30

Taula 36 Spectral Bands from LANDSAT 8 OLI-TIRS

12 SOFTWARE

The software used were chosen under the condition that they were free to users or students; but the ENVI which it was not possible to download, so had to be used the software in the university installations.



Figura 12.1 – Miramon Logo

Through the program MIRAMON (Figure 4.1), a Geographic Information System (GIS) and remote sensing software that allows to view, query, edit, and analyse raster and vector layers have been used to create to process the sources to crop images defining the area of interest. It is software developed by CREA at the UAB. Free license is exclusive for the Catalan public administration, universities and research institutions and students in Catalonia.

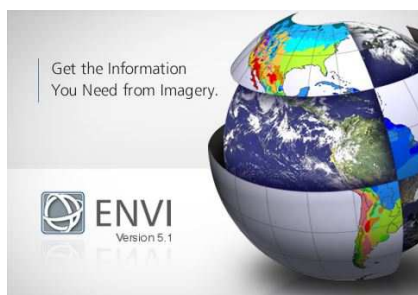


Figura 12.2 – ENVI Logo

The ENVI (Figure 4.2) is the program used for most part of the project, concretely version 5.0 and ENVI Classic. It is a processing and analysis software for advanced geospatial images, and is used for image analysts, researchers and GIS professionals in a wide variety of disciplines. ENVI image processing combined with spectral image analysis technology to provide us, as well as tools to read, explore, prepare, analyse and share information extracted from all kinds of images: panchromatic, multispectral, radar... It is a software developed by ESRI for pay and is available to any user.

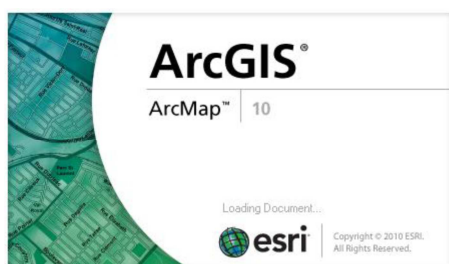


Figura 12.3 - d'ArcGIS 10.3 Logo

ArcMap (Figure 4.3) is an extension of the ArcGIS platform that incorporates information programs that create, analyse, store and disseminate data and maps among other functions, has been used to create thematic maps based on the results obtained. Is a payment program which offers to students a powerful freeware to use it as a learning tool.

13 METHODOLOGY

The methodology will be applied first to the image of 1987 to extract the relevant conclusions from it and analyze all the procedures, explained subsequently, to finish applying it to the other images, with special care for the image of 2015.

13.1 SUPERVISER CLASSIFICATION METHODS

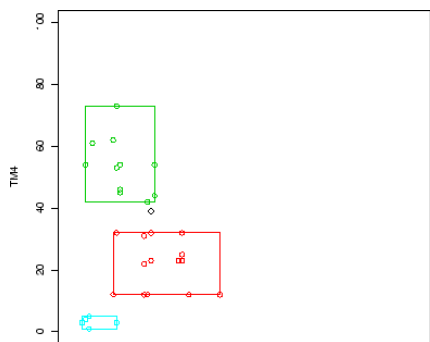


Figura 13.1 - Paralel·lepíped Classification

- "PARALLELEPILED" Method (Figure 5.1): In this method is defined a series of parallelepipeds that define boundaries of each class. The definition of each parallelepipeds should be given the maximum and minimum values of reflectivity for each of the bands.

This method may allow to appear unassigned pixel or pixels assigned to various classes.

- "MINIMUM DISTANCE" Method (Figure 5.2): Each class has a reflectivity of land to each of the bands, we can locate each class as a centroid in a variable. In this variables space can be calculated the distance between a pixel and a class.

Obviously the pixel X assigned to the class respect to which the distance is minimal. In short, it defines a series of hyperspheres that fill hyperspace without variables intersect.

This method is not too good because overclassify image, it means that no pixel remains unclassified.

This is because it is preferable to leave disagreement unclassified areas that classify them without guarantees.

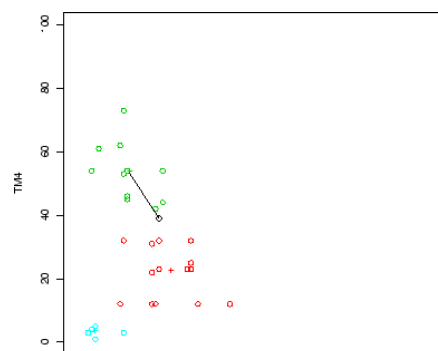


Figura 13.2 Minimun Distance classification

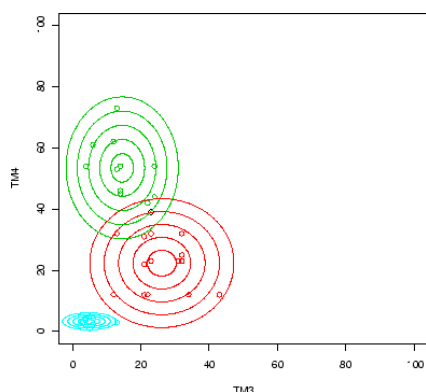


Figura 13.3 - Classificació per Màxima Versemblança

- "MAXIMUM LIKEHOOD" Method (Figure 5.3): As is had the mean and standard deviation for each of the classes, is able to use some probability distribution model. The maximum likelihood classifier assumes that the data follow a normal distribution function to assign any probability that a pixel belongs to each of the classes. The pixel is assigned to the class that most likely belongs.

In the figure are a series of ellipses surrounding each of the centroids, these are isoprobability lines, so the pixel is classified by this way to the class in which its securities are more likely.

13.2 CLASSIFICACION RALIABILITY

The best method will be determined by in two ways:

1. BY CONFUSION MATRIX ANALYSIS

Consists in comparing the information that confusion matrixes give to us, a post-process that quantifies with matrix form the reliability of our classification.

To analyse the information these matrixes provide us, must know that the diagonal of the matrix must be formed by the total pixels in each class correspondingly, it means that the array is fully classified, the other numbers that make matrix and outside the diagonal of it would be all zeros.

But it is very difficult to achieve 100% success, but how much numbers were adjusted in the diagonal at the total number of pixels in the class specifically, and smaller were the numbers at the rest of the matrix it will be developed a project with the least possible error that has been achieved. But before that, we have a faster way to consider the reliability of our classification, called by two parameters: Global Reliability and Cohen's Kappa.

By definition, the global reliability is the number of pixels correctly classified of the total pixels sampled, and kappa (Cohen) is a statistical measure that adjusts the effect of random in the proportion of concordance observed by qualitative elements.

We see that the matrix also shows us in each row the number of pixels belonging to each class according to the user, and the pixels in each column the type that the logarithm of classification adjudges to each class.

Finally, will be discussed the latest details that separate the pixels according to the criteria of omission and commission:

Omission: Pixels that correspond to the not-diagonals values of the paths and should be of a type classified but was classified in others different. Sad in another way, the model has not taken any occurrence (underprediction).

Commission: Pixels that not correspond to the diagonal rows and, in the same way that omission, has been assigned to various other classes. In other words, the model predicted an occurrence which did not exist (overprediction).

The second method is unorthodox, so that was added in the results section.

Said this, the next steps will be:

- I) process images for the year 2015 to compare it with 1987, following the conclusions drawn previously about the methods and combinations that conducted us to better classifications:

- Create training areas by the image 2015 to perform classification and another training areas to calculate arrays confusion.
- Compare the results in the presence or absence of the band 6. Continue repeating this step for all processes of the last script.
- Images will not be corrected as have been seen before using parameters Lmax, Lmin, Gain and Bias standardized for Landsat images because the metadata are accompanied by the necessary data to make corrections radiometric, relevant and previously seen doesn't affect favourably the results.
- Calculate directly NDVI image of 2015 to compare the multiband classifications with the same combinations:

B1,B2,B3,B4,B5,B6,B7,NDVI

B1,B2,B3,B4,B5,B7,NDVI

B3,B4,B5,B6,B7,NDVI

B3,B4,B5,B7,NDVI

After making all the steps mentioned before, will be chosen the best combination of bands, will be done the classification and, to end up, will be done the comparative between rankings from images of 1987 and 2015 to analyse the changes that have suffered soils.

14 IMAGERY PROCESSING

14.1 PRE-PROCESSING

14.1.1 IMAGERY CROP

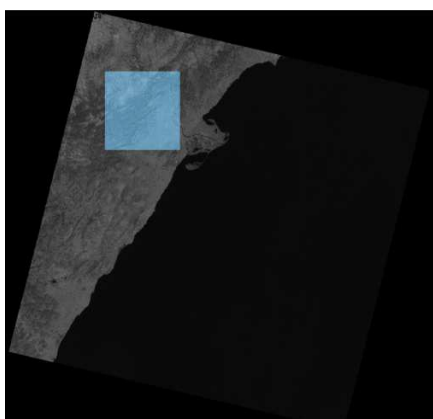


Figura 14.1 - Comparació visual d'extensions de la imatge original i el retall de la imatge

The first step has been carried out in this project has been cropping images with Miramon defining the minimum and maximum X and Y of the image, giving in result a cut square.

Once the images from TIFF format (common Miramon's format) are converted to IMG format (common ENVI's format) to proceed with the preparation of multiband images. We can compare the original image with dimensions visually cut (Figure 6.1) and numerically (Table 6) taking as an example the image BANDA4 1987.

COORD.Limit	I.ORIGINAL(m)	RETALL(m)
X mínima	196485	251895
X màxima	436215	293745
Y mínima	4356585	4502115
Y màxima	4575015	4543425

Taula 37- Extensió de les imatges en UTM-31N-WGS84

14.1.2 RADIOMETRIC BAND CORRECTIONS

A satellite image is subjected to a series of interferences that make the information wanted to be achieved appear disturbed by a series of errors:

- Failures in the sensors generate incorrect pixels (radiometric correction)
- Changes in the movement of the satellite and the mechanism of sensors uptake generate distortions in the global image (geometric correction)
- Interference of the atmosphere, systematically alter the pixel values (atmospheric correction)

Of these types of corrections mentioned, the radiometric, the only correction to be applied in this project, is the simplest. In some cases the host stations carry some sort of correction at the same reception image system. The radiometric correction implies, in one hand, the restoration of some lines or lost píxels, and in the other hand, the correction of the image bands.

LANDSAT IMAGES CALIBRATION WITH ENVI:

This method is based on the introduction of satellite model, date of capture, the elevation and azimuth of the sun at the time of capture, the band calibrate the definition of the parameters L_{\min} , L_{\max} (L being the spectral radiance of the sensor) or Gain and Bias.

In the metadata can be found the most information, but the last four have been established and generalized for all the images from Landsat 5 as specified in the Table 7 taken from the article IEEE Transactions on Geoscience AND REMOTE SENSING.

L-5 TM POSTCALIBRATION DYNAMIC RANGES FOR U.S. PROCESSED NLAPS DATA

Spectral Radiances, L_{\min} and L_{\max} in $W/(m^2 \cdot sr \cdot \mu m)$								
Processing Date	From March 1, 1984 To May 4, 2003				After May 5, 2003			
	L_{\min}	L_{\max}	G_{rescale}	B_{rescale}	L_{\min}	L_{\max}	G_{rescale}	B_{rescale}
1	-1.52	152.10	0.602431	-1.52	-1.52	193.0	0.762824	-1.52
2	-2.84	296.81	1.175100	-2.84	-2.84	365.0	1.442510	-2.84
3	-1.17	204.30	0.805765	-1.17	-1.17	264.0	1.039880	-1.17
4	-1.51	206.20	0.814549	-1.51	-1.51	221.0	0.872588	-1.51
5	-0.37	27.19	0.108078	-0.37	-0.37	30.2	0.119882	-0.37
6	1.2378	15.303	0.055158	1.2378	1.2378	15.303	0.055158	1.2378
7	-0.15	14.38	0.056980	-0.15	-0.15	16.5	0.065294	-0.15

Table 38- Calibration parameters for Landsat5 imagery

Have been proceeded to check the azimuth and elevation of the sun through SunEarthTools to see if the values were correct in imagery metadata. This application allows to download in PDF format such information, and can be consulted in Appendix 1 and have been used for doing the radiometric correction.

“FLAT FIELD” CORRECTION FOR IMAGES

Then will be made the data correction by the ENVI's method called Flat Field. This correction is what gives us the normalization known the images plain terrain.

To carry this out is required a region of interest containing the data of a flat, large and spectrally uniform area, since this assumes that the radiation spectrum contains mainly atmospheric effects and the solar spectrum.

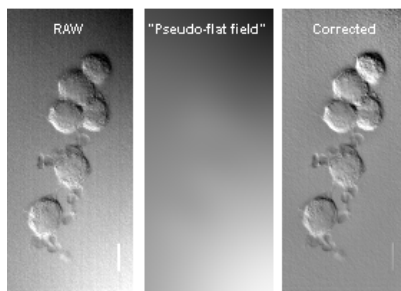


Figura 14.2 - Exemple visual d'uan imatge corregida pel mètode FLAT FIELD

14.2 PROCESSING

14.2.1 DEFINITION OF THE REGIONS OF INTEREST

To carry out the classifications, must have to be defined training areas or Regions Of Interest (ROI), which consists in frame within a polygon pixels belonging to the same use and assign them the name of the class. For the subsequent verification process reliability of our classification is required other training areas defined from pixels not used in the first training areas to generate the confusion matrix that explain the global reliability and kappa, which expresses the degree of success or mistake on the classifications. It is from these ROI that will we generated the classified image in 9 types of soil (Table 9) and its verification using a combination of bands like 4-3-1 (Figure 6.3).

TIPUS	Color 431	Color Class
Aigua	Blau fosc	Blue
Zona Urbana	Blau cel	Thistle 2
Roca - Sòl un	Blanc	Sienna 3
Prats	Vermell viu	Yellow
Vegetació Densa	Granate fosc	Green 3
Vegetació Clara (Arbustiva)	Grisós	Green 2
Conreu de Regadiu Intensiu	Vermell viu	Orange 3
Conreu Herbaci de Secà	Lila marronós	Orange 4
Conreu d'Arbres Fruiters (no-cítrics)	Verds	Orange 2

Table 39 – Types and representation of such ones

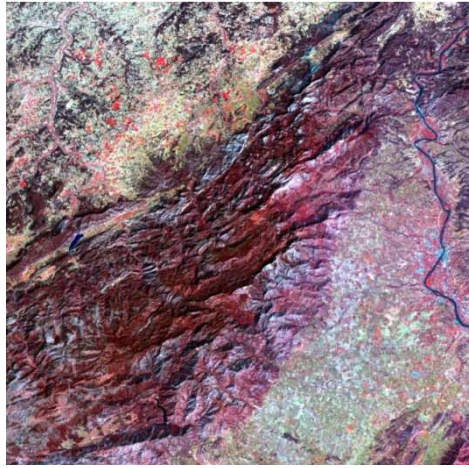


Figura 14.3 – False color imatge from 1987. Bands combination: 431

14.2.2 NDVI CALCULATION

To carry out the subsequent comparison of results in the presence of NDVI images classified as either without this, we must also calculate the Vegetation Index. This has created an automatically tool sent.

It is very important to have requested the results with floating point and not for byte values of the spectral range in real numbers instead of values from 0 to 255.

